

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR DE
AGUA, UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR**

**AUTOR:
RAQUEL CAROLINA FLORES NICOLALDE**

**DIRECTOR:
LUIS ANIBAL ANDRANGO**

Quito, Marzo del 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DE TRABAJO DE GRADO

Yo, Raquel Carolina Flores Nicolalde autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Raquel Carolina Flores Nicolalde
170945964-6

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido desarrollado en su totalidad por la señorita Raquel Carolina Flores Nicolalde.

Ing. Luis Andrango

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar con esta etapa de mi vida.

A mi familia, por el apoyo incondicional, la paciencia y sobre todo porque nunca dejaron de creer en mis sueños.

A mis amigos, compañeros y todas las personas que pusieron un granito de arena para que este proyecto se haga realidad.

Al taller SERTEMEC y a todo su personal, por brindarme las facilidades de infraestructura y ayuda técnica.

AGRADECIMIENTO PERSONAL

A la Universidad Politécnica Salesiana, por la formación académica prestada en estos años de estudio.

De manera muy especial, al Ingeniero Luis Andrango por haberme facilitado su tiempo y sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Agua destilada.....	2
Formas de obtención	2
Importancia del agua destilada y aplicación	3
Ventajas y desventajas	3
1.2 El agua	3
Características y propiedades	4
Estados y ciclo del agua	5
Análisis químico del agua	6
1.3 Contaminación del agua	6
Fuentes de contaminación	7
Contaminación de las aguas subterráneas.....	7
Efectos de la contaminación en la salud del ser humano.....	8
1.4 Tratamientos de purificación del agua	8
1.5 Energía	9
Energía térmica	10
1.6 Clasificación de las energías	11
Energías no renovables.....	11
Energías renovables	11
1.7 Energía solar	12
Ventajas, desventajas y aplicaciones de la energía solar	13
1.8 Destiladores solares	13
Características técnicas de un destilador solar	14

Elementos de un destilador solar	15
1.9 Destilación	17
1.10 Evaporación	17
Temperatura y cantidad de calor en la evaporación	18
Equilibrio evaporativo	20
Factores que influyen en la tasa de evaporación	20
1.11 Condensación	21
Formas de condensación en la naturaleza	22
Tipos de destiladores solares	23
CAPITULO 2.....	25
2. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR	25
2.1 Alternativas de selección según el tipo de destilador y destilación	26
2.2 Aspectos fundamentales para el diseño del destilador solar	27
2.3 Características del agua a destilar	28
2.4 Características del agua después del proceso de destilado	30
2.5 Cálculo de la intensidad de la radiación solar en Ecuador.....	30
Latitud.....	30
Declinación Solar (δ).....	31
Ángulo del ocaso o semiángulo horario (ω_s).....	31
Número de horas de sol teóricas (N).....	32
Constante solar (G_{sc}).....	32
2.6 Radiación solar extraterrestre.....	33
Radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal (H_o)	34

Radiación diaria solar promedio terrestre sobre una superficie horizontal (H)	35
2.7 Estimación de la radiación solar en una superficie inclinada (H_T).....	35
Cálculo de la radiación solar difusa horaria en una superficie horizontal (H_d)	37
Índice de claridad (KT)	37
Radiación solar directa horaria en una superficie horizontal (H_b)	37
Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día (R_b)	38
Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal para la cubierta de un destilador solar (θ)	38
Radiación directa sobre una superficie inclinada (Hb_T)	39
Radiación difusa sobre una superficie inclinada (Hd_T)	39
Radiación reflejada por el suelo (Hr_T)	40
2.8 Cálculo de la energía solar disponible para la transferencia de calor y masa	40
2.9 Variables y constantes para el cálculo de transferencia de calor	42
2.10 Transferencia de calor por conducción (q_c)	43
Coeficiente de calor convectivo (hct)	44
Resistencia térmica equivalente del aislante (k_b)	45
2.11 Transferencia de calor por radiación en el vidrio (q_{rg})	46
Temperatura del cielo	46
2.12 Calor perdido por convección del vidrio (q_{cg})	48
2.13 Calor perdido por radiación del agua (q_{rw})	48

2.14	Calor perdido por convección del agua (q_{cw})	49
2.15	Calor perdido por evaporación (q_e)	52
2.16	Balance de energía y masa en el sistema destilador	56
	Balance de energía en la cubierta de vidrio	57
	Balance de energía en la superficie de agua.....	58
	Balance de energía en el sistema	59
2.17	Calor que absorbe el sistema (Q_s)	60
	Calor que absorbe la cubierta de vidrio (Q_g)	61
	Calor que absorbe el agua para calentarse (Q_{cw})	62
	Calor que absorbe el agua para evaporarse (Q_{ev})	63
	Pérdidas de calor en el sistema	64
2.18	Eficiencia teórica	65
2.19	Caudal teórico de producción del destilador solar (M_e)	66
2.20	Flujos de energía y exergía en un destilador solar	67
	Primera y segunda ley de la termodinámica	68
	Flujos de exergía transportados por radiación (B_s)	68
	Flujos de exergía que no son transportados por radiación (B)	69
2.21	Eficiencias energéticas	69
	Eficiencia energética en la bandeja colectora de agua a destilar (η_{bc})	70
2.22	Dimensiones y propiedades de los materiales seleccionados para la construcción del destilador solar.....	71
	Colector o bandeja colectora.....	71

Cubierta	74
Aislamiento	77
Materiales utilizados en la construcción del destilador solar	78
Proceso de fabricación del destilador solar	79
CAPITULO 3.....	84
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	84
3.1 Datos	85
Temperatura interna del vidrio (T_g)	86
Temperatura del agua (T_w)	88
Temperatura de la bandeja colectora (T_{bc})	90
Diferencia de temperatura en las superficies del vidrio	92
3.2 Radiación incidente (G_s)	93
3.3 Producción de agua destilada (Me).....	94
3.4 Eficiencia teórica y real del destilador solar	95
3.5 Resultados de laboratorio	96
CAPITULO 4.....	99
4. COSTOS	99
4.1 Costos Directos	99
Costos de materiales.....	99
Costos de mano de obra.....	101
4.2 Costos indirectos.....	102
4.3 Costos totales.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
Conclusiones.....	104
Recomendaciones.....	105

LISTA DE REFERENCIAS	106
ANEXOS	110
ANEXOS CAPITULO 1	110
ANEXO 1.1	110
ANEXO 1.2	111
ANEXO 1.3	111
ANEXO 1.4	112
ANEXO 1.5	113
ANEXO 1.6	114
ANEXO 1.7	115
ANEXO 1.8	116
ANEXO 1.9	116
ANEXO 1.10	117
ANEXO 1.11	119
ANEXO 1.12	119
ANEXO 1.13	120
ANEXO 1.14	121
ANEXOS CAPITULO 2	122
ANEXO 2.1	122
ANEXO 2.2	123
ANEXO 2.3	133
ANEXO 2.4	134
ANEXO 2.5	134
ANEXO 2.6	135
ANEXO 2.7	136

ANEXO 2.8	137
ANEXO 2.9	138
ANEXO 2.10	138
ANEXO 2.11	139
ANEXO 2.12	139
ANEXO 2.13	142
ANEXO 2.14	143
ANEXO 2.15	143
ANEXO 2.16	144
ANEXOS CAPITULO 3	145
ANEXO 3.1	145
ANEXO 3.2	145
ANEXO 3.3	146
ANEXO 3.4	147
ANEXO 3.5	148
ANEXO 3.6	149
ANEXO 3.7	150
ANEXOS CAPITULO 4	153
ANEXO 4.1	153
ANEXO 4.2	156
ANEXO 4.3	157
ANEXO 4.4	159
ANEXO 4.5	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Formas de obtención de agua destilada.....	2
Figura 1.2 Distribución del agua en la tierra.....	4
Figura 1.3 Molécula de Agua	5
Figura 1.4 Ciclo del Agua	5
Figura 1.5 Contaminación del Agua.....	6
Figura 1.6 Fuentes de Contaminación de Aguas Subterráneas	8
Figura 1.7 Tratamiento de purificación de agua.....	9
Figura 1.8 Energía solar	10
Figura 1.9 Tipos de transferencia de calor	11
Figura 1.10 Energías renovables.....	12
Figura 1.11 Panel solar	13
Figura 1.12 Destilador solar y sus principales partes	14
Figura 1.13 Elementos de un destilador solar simple de doble vertiente	16
Figura 1.14 Alambique de destilación simple	17
Figura 1.15 Evaporación en la naturaleza	18
Figura 1.16 Calor sensible y calor latente	19
Figura 1.17 Condensación	22
Figura 1.18 Tipos de destiladores solares	23
Figura 2.1 Toma de muestras de agua en el lugar de la vertiente natural.....	29
Figura 2.2 Declinación solar en las diferentes estaciones del año.....	31
Figura 2.3 Radiación directa solar sobre superficies horizontal e inclinada.....	33
Figura 2.4 Modelo para determinar la radiación total, difusa y albedo	36
Figura 2.5 Inclinación de captadores solares.....	39
Figura 2.6 Reflexión, absorción y transmisión de la luz.....	41

Figura 2.7 Radiación y calor que influye en el funcionamiento de un destilador solar	42
Figura 2.8 Resistencias térmicas conectadas en serie y analogías eléctricas de la base del destilador	44
Figura 2.9 Balance de energía en un destilador solar	57
Figura 2.10 Balance de energía en la cubierta de vidrio del destilador solar	57
Figura 2.11 Balance de energía en la superficie del agua	58
Figura 2.12 Curva característica de un colector plano de tipo medio	69
Figura 2.13 Viga simple apoyada con carga distribuida	72
Figura 2.14 Diagrama de procesos para la fabricación del destilador solar	79
Figura 3.1 Destilador solar fabricado y partes principales	84
Figura 3.2 Instalación de termómetros y termocuplas en un destilador solar de simple efecto.....	85
Figura 3.3 Termómetros ubicados en las diferentes partes del destilador solar	86
Figura 3.4 Termómetro digital con extensión.....	86
Figura 3.5 Muestreo de las temperaturas internas del vidrio	87
Figura 3.6 Comparación de datos de temperatura interna del vidrio	88
Figura 3.7 Termómetro bimetalico adaptado para que mida superficie del agua...88	
Figura 3.8 Grafica temperatura versus tiempo de la temperatura del agua	89
Figura 3.9 Comparación de datos, temperatura del agua	90
Figura 3.10 Grafica temperatura versus tiempo de la temperatura de la bandeja colectora	91
Figura 3.11 Comparación de datos de la temperatura de la bandeja colectora.....	92
Figura 3.12 Influencia del volumen inicial y la radiación en la producción del destilador.....	94
Figura 3.13 Comparación de datos reales y teóricos	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Selección del destilador solar	27
Tabla 2.2 Límites permisibles para el agua potable norma INEN 1108	28
Tabla 2.3 Coordenadas y altitud zona norte Quito	30
Tabla 2.4 Presiones en base a temperatura y presión de diferentes materiales	51
Tabla 2.5 Medidas de la bandeja colectora.....	71
Tabla 2.6 Medidas y tipos de material para las diferentes partes del destilador solar	74
Tabla 2.7 Coeficiente de transmisión energética (%) en función del ángulo de incidencia del haz de rayos con la normal a la superficie del vidrio	76
Tabla 2.8 Materiales utilizados en la construcción del destilador solar.....	78
Tabla 3.1 Registro de temperaturas internas del vidrio.....	87
Tabla 3.2 Comparación de temperaturas del vidrio	88
Tabla 3.3 Temperaturas del agua	89
Tabla 3.4 Error porcentual de las temperaturas del agua	90
Tabla 3.5 Temperaturas de la bandeja	91
Tabla 3.6 Error porcentual de temperaturas de la bandeja colectora	92
Tabla 3.7 Diferencia de temperatura en el vidrio	92
Tabla 3.8 Temperaturas internas y externas ambientales	93
Tabla 3.9 Comparación de valores de la radiación incidente	93
Tabla 3.10 Valores reales de producción de agua destilada.....	94
Tabla 3.11 Diferencia de producción en el destilado	95
Tabla 3.12 Eficiencia en base a la radiación incidente, pérdidas de calor y calor del sistema	96
Tabla 3.13 Resultados obtenidos antes y después del proceso	97

Tabla 4.1 Costos de materiales.....	99
Tabla 4.2 Costos de mano de obra.....	101
Tabla 4.3 Total de costos directos del destilador solar	102
Tabla 4.4 Valor de los costos indirectos	102
Tabla 4.5 Costos totales generados en el proyecto	103

GLOSARIO

ACUÍFERO: Estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros y/o grietas.

AIRE HÚMEDO: Es el aire que contiene una humedad relativa superior al 80%.

AIRE SATURADO: Aire que contiene una cantidad de agua máxima posible a una temperatura determinada.

AISLANTE TÉRMICO: Es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa (como una vivienda o una nevera) con el ambiente que lo rodea.

ÁNGULO DE INCIDENCIA: Ángulo geométrico imaginario que existe entre el plano de un objeto y la línea formada por un rayo de luz que caiga sobre ese objeto.

ÁREA SUPERFICIAL: Área total de las caras y la superficie curvada de una figura sólida.

BACTERIAS: Microorganismos unicelulares que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo (entre 0,5 y 5 μm , por lo general) y diversas formas incluyendo esferas, barras y hélices.

CALOR: Es la transferencia de energía desde un cuerpo que se encuentra a mayor temperatura hasta otro de menor temperatura.

CALOR ESPECÍFICO: El calor específico (o capacidad calorífica específica) es la energía necesaria para elevar en un 1 grado la temperatura de 1 kg de masa. Sus unidades en el Sistema Internacional son J/kg K.

CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN: Cantidad de calor necesaria para convertir un líquido a su temperatura de ebullición en vapor a la misma temperatura; proceso inverso al de la condensación.

CALOR SENSIBLE: Es aquel que suministrado o quitado a una sustancia eleva o disminuye su temperatura.

CONCENTRACIÓN: Cantidad de soluto que hay en una masa o volumen determinado de solución o solvente.

CONDUCCIÓN: Mecanismo de transferencia de calor que se da por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas transfieren energía a las menos energéticas, produciendo un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas.

CONTAMINACIÓN: Es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso.

CONVECCIÓN: La convección se da en un fluido, en donde el movimiento de este es masivo y a nivel macroscópico y resulta de la diferencia de temperaturas del fluido en presencia de una fuerza gravitacional.

CORROSIÓN: Es el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente.

DIFUSIÓN MOLECULAR: Es el movimiento de las moléculas de los componentes de una mezcla producida por la diferencia de concentración existente en el sistema.

EBULLICIÓN: Acción y efecto de hervir, consiste en el proceso físico en el cual una sustancia pasa, de manera tumultuosa, del estado líquido al gaseoso, con unas características de presión y temperatura específicas.

EFFECTO DE FLOTACIÓN: Es el efecto donde el fluido caliente sube, mientras q el fluido frio baja.

EFICIENCIA: El rendimiento térmico o eficiencia de una máquina térmica es un coeficiente o ratio adimensional calculado como el cociente de la energía producida (en un ciclo de funcionamiento) y la energía suministrada a la máquina (para que logre completar el ciclo termodinámico).

EQUILIBRIO TERMODINÁMICO: Situación que se da en un sistema físico (es decir, un sistema al que podemos atribuir una energía interna) cuando todos los factores

exteriores y/o procesos internos no producen cambios de presión, temperatura u otras variables macroscópicas.

ESTANQUEIDAD: Es la posibilidad de crear una superficie por donde no acceda el agua al interior del material.

ENERGÍA: Es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, la energía es la capacidad de hacer funcionar las cosas.

ENERGÍA CINÉTICA: Energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo.

ENFRIAMIENTO ADIABÁTICO: Es un proceso que comúnmente ocurre debido al cambio en la presión de un gas. Esto puede ser cuantificado usando la ley de los gases ideales.

ENTROPÍA: Es la magnitud física termodinámica que permite medir la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema. Esto quiere decir que dicha parte de la energía no puede usarse para producir un trabajo.

FUERZAS INTERMOLECULARES: Se definen como el conjunto de fuerzas atractivas y repulsivas que se producen entre las moléculas como consecuencia de la presencia o ausencia de electrones.

FUSIÓN NUCLEAR: Es un proceso de unión (fusión) de dos núcleos atómicos para formar uno solo.

HONGOS: Son seres vivos unicelulares o pluricelulares que no forman tejidos y cuyas células se agrupan formando un cuerpo filamentosos muy ramificado.

HUMEDAD: Es el vapor de agua que contiene el aire.

HUMEDAD RELATIVA: Relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

INTERFASE: Superficie de contacto entre dos fases condensadas (dos líquidos o un líquido y un sólido).

INTERMITENTE: Que se interrumpe o cesa y prosigue o se repite.

LATITUD: Es el ángulo que forma el radio terrestre que pasa por el punto de la superficie terrestre considerado respecto al ecuador \geq , positivo (+) hemisferio norte, negativo (-) hemisferio sur.

LÍQUIDO: Es un estado de la materia con una densidad y volumen definidos, pero sin una forma particular puede cambiar fácilmente si es sometido a una fuerza.

MASA: Es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo.

MEZCLA: Materia que está formada por moléculas diferentes.

MOLÉCULA: Grupo de átomos, iguales o diferentes, que se mantienen juntos y no se puede separar sin afectar o destruir las propiedades de las sustancias.

NUBES: Son diminutas gotas de agua líquida en suspensión, o heladas si se encuentran a suficiente altura. Estas pequeñas gotas se mantienen en el aire debido a su pequeño tamaño, que oscila entre 0,2 y 0,3 mm de diámetro.

NÚCLEOS HIGROSCÓPICOS: Los núcleos higroscópicos hacen referencia a las partículas de sales o gotitas de soluciones salinas, procedentes principalmente de los mares y océanos, sobre las cuales se condensa la humedad del aire en la atmósfera.

ÓXIDO: El óxido es un compuesto inorgánico que se forma al unir algún elemento químico con Oxígeno.

PARÁMETROS: Datos que se consideran como imprescindibles y orientativos para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.

PARTÍCULAS: Es el fragmento más pequeño de materia que mantiene las propiedades químicas de un cuerpo. En este sentido, los átomos y las moléculas son partículas

PARTÍCULAS HIGROSCÓPICAS: Son partículas microscópicas que tienen la capacidad de absorber o ceder humedad al medioambiente y son susceptibles de modificarse por esta causa.

PRESIÓN: Magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: Peso que ejerce el aire de la atmósfera como consecuencia de la gravedad sobre la superficie terrestre o sobre una de sus capas de aire.

PRESIÓN DE VAPOR: La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión a la que a cada temperatura las fases, líquida y vapor se encuentran en equilibrio.

PROCESO ADIABÁTICO: En termodinámica se designa como proceso adiabático a aquél en el cual el sistema (generalmente, un fluido que realiza un trabajo) no intercambia calor con su entorno. Un proceso adiabático que es además reversible se conoce como proceso isentrópico.

RADIACIÓN: Transferencia de calor que se origina desde un centro (en este caso el sol) y se propaga o se extiende en todas las direcciones (en forma radial).

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA: Ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica.

RADIACIÓN INFRARROJA: La radiación infrarroja o radiación térmica es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible.

RECURSO: Es una fuente o suministro del cual se produce un beneficio.

RECURSO SOLAR: Es el total de energía recibida diariamente, por unidad de área, en un sitio particular, este valor representa la irradiación diaria que se obtiene a partir de un promedio diario, semanal, mensual, ó anual. Las unidades usadas comúnmente para este concepto en el Sistema Internacional (SI), son los Joules sobre metro cuadrado [J/m^2].

REFLEXIÓN: Es la parte reflejada de radiación solar que incide sobre la tierra.

RENDIMIENTO ENERGÉTICO: Es la relación entre la energía que suministramos a un sistema y la energía útil que obtenemos realmente.

ROCÍO: Es un fenómeno físico-meteorológico en el que la humedad del aire se condensa en forma de gotas por la disminución brusca de la temperatura, o el contacto con superficies frías.

SISTEMA: Conjunto de partes o elementos organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.

SUSTANCIA: Material homogéneo constituido por un solo componente y con las mismas propiedades intensivas en todos sus puntos.

TEMPERATURA: Es la medida del grado de calor o de la energía térmica de una sustancia (en estado sólido, líquido o gaseoso), es decir, su nivel de energía calorífica.

TEMPERATURA DE SATURACIÓN: Temperatura en la cual se efectúa la vaporización a una presión dada.

VAPOR: Gas debido a la vaporización de un líquido o, a veces, de un sólido.

VAPOR DE AGUA: Es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso.

VAPOR SATURADO: Es vapor a la temperatura de ebullición del líquido, es decir el vapor que se desprende cuando el líquido hierve.

VELOCIDAD DE FLUJO VOLUMÉTRICO: Velocidad a la cual un volumen de líquido pasa por un punto determinado, generalmente medido en litros por segundo.

VELOCIDAD DEL VIENTO: Es la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra.

VENTILACIÓN: Es la técnica que permite sustituir el aire interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores.

VIDRIO: Es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza, aunque también puede ser producido por el ser humano. Se obtiene a unos 1500 °C a partir de arena de sílice (SiO_2), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y caliza (CaCO_3).

VIRUS: Es un agente infeccioso microscópico acelular que solo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos.

VOLUMEN: Es una característica cuantitativa del espacio ocupado por un sólido o sustancia.

RESUMEN

El diseño y construcción de un destilador solar, es un proyecto que nace desde el punto de vista social, teniendo en cuenta que el agua potable no llega a muchas de las poblaciones rurales del Ecuador y que las familias de estas localidades utilizan aguas de vertientes o ríos que posiblemente contengan elementos dañinos para la salud, este proyecto se desarrolla con el fin de poder comprobar si un sistema de destilación con aporte de energía solar proporciona líquido vital apto para el consumo humano, para ello se describe de manera general las etapas que se llevan a cabo en este tipo de sistema, como son la evaporación y condensación, estudiados desde el punto de vista termodinámico.

La energía solar que es una fuente renovable, juega un papel primordial en el calentamiento del sistema, produce un efecto invernadero en el interior del destilador, para ello se analiza los tipos de transferencia de energía que implica el estudio, como son la radiación, la convección y la conducción. Para el diseño del sistema se evalúan los parámetros como la intensidad de la energía solar, donde es necesario calcular los ángulos de inclinación, precisar las coordenadas donde se va a realizar las pruebas para finalmente llegar a determinar los valores de radiación tanto en una superficie horizontal como en una inclinada, con estos valores se inicia el cálculo del calor perdido o cedido por el sistema.

En el diseño es importante realizar un balance de energía en las partes principales del destilador solar (cubierta y bandeja colectora), este cálculo también se aplica en el agua, para después de este análisis determinar el calor que absorbe y las pérdidas del sistema en general, finalmente se llega a determinar la eficiencia del sistema y la producción de agua destilada por día. Se realiza un análisis del funcionamiento del sistema (destilador solar), comparando datos teóricos con datos reales que se han recopilado durante cuatro días de funcionamiento del destilador con variables como las temperaturas, radiación, tiempo, volumen inicial y volumen final, se realiza también una comparación de datos con los análisis de laboratorio de las muestras del agua antes y después del proceso de destilación para comprobar si el agua es apta o no para el consumo humano.

ABSTRACT

The design and construction of a solar still is a project born from the social point of view, considering that drinking water does not reach many rural populations of Ecuador and the families of these villages used water from springs or rivers that possibly contain elements harmful to health, this project is developed in order to check whether a distillation system provided by solar energy provides vital liquid suitable for human consumption, this will generally describes the stages carried out in this type of system, such as evaporation and condensation, studied from thermodynamic standpoint.

Solar energy is a renewable source, plays a major role in the heating system produces a greenhouse effect inside the distiller, at rates of energy transfer that involves the study analyzes such as radiation, convection and conduction. For the system design parameters such as intensity of solar energy, which is necessary to calculate the angles of inclination, specify the coordinates at which to testing and finally to determine the values of both radiation on a horizontal surface are evaluated as in an inclined, with these values or the calculation of lost heat released by the system is initiated.

The design is important to perform an energy balance in major parts of the solar still (cover and drip tray), this calculation also applies in the water, then this analysis to determine the heat absorbed and lost overall system finally you get to determine the efficiency of the system and the production of distilled water per day.

An analysis of system operation (solar still), comparing theoretical data with real data have been collected for four days of operation of the distiller with variables such as temperature, radiation, time, initial volume and final volume is made, also makes a comparison of data with laboratory analysis of water samples before and after the distillation process to check whether the water is suitable or not for human consumption.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

Introducción

Se describe de manera general las etapas que se llevan a cabo en un sistema de destilación solar como son la evaporación y condensación, estudiados desde el punto de vista termodinámico y teniendo en cuenta que la destilación es la alternativa de purificación que se aplica, también se analiza los conceptos de las fuentes naturales utilizadas para el funcionamiento del sistema, en el caso del proyecto, el agua y la energía solar. Se hace referencia a la contaminación de vertientes subterráneas de agua, ya que es el medio que proporciona la materia prima para el estudio.

La energía solar que es una fuente renovable, juega un papel primordial en el calentamiento del sistema, produce un efecto invernadero en el interior del destilador, para ello se analiza los tipos de transferencia de energía que implica el estudio, como son por radiación, convección y conducción. Todos estos conceptos se manejan durante el estudio del capítulo, finalizando con el tema de fondo que es el funcionamiento del destilador solar de agua y las partes del mismo.

1.1 Agua destilada

El agua destilada, es aquella que como todo tipo de agua su composición se basa en la unidad de moléculas H_2O , pero con la diferencia de que ha sido sometida a un proceso de purificación como la destilación, donde se ha eliminado sales minerales, impurezas, microorganismos, iones y otros agentes extraños a la composición del agua.

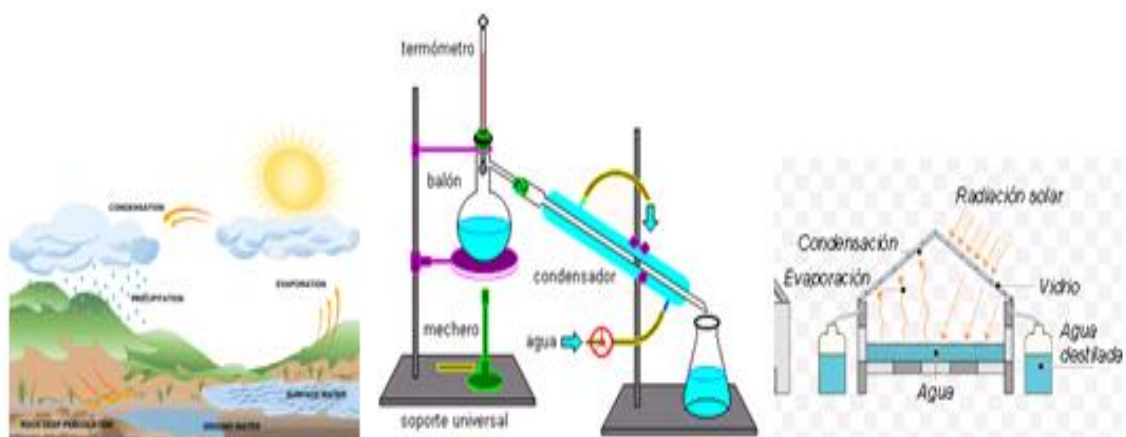
Formas de obtención

El agua destilada se la puede obtener indistintamente, por ejemplo; de forma natural, mediante el ciclo del agua, cuando ésta es condensada en la atmosfera (nubes), es por eso que el agua lluvia es mucho más blanda que otras en su estado natural.

Mediante obtención en el laboratorio a partir del alambique de destilación o destiladores mucho más avanzados tecnológicamente.

Otro método de obtención es el de la aplicación de energías renovables con el desarrollo de técnicas que usan la energía solar para la destilación del agua, estos equipos se conocen como destiladores solares y utilizan el sol como energía para la evaporación del agua. La eficacia en el diseño del destilador hace que sean más o menos eficientes, porque como tecnología generalmente son muy sencillos, las formas de obtener agua destilada se las puede ver en la figura 1.1.

Figura 1.1 Formas de obtención de agua destilada



Fuente: (De Paz, 2012)

Importancia del agua destilada y aplicación

El agua para el consumo humano y para otras aplicaciones donde la asepsia es de vital importancia, requiere cumplir con ciertas exigencias con el fin de mejorar su calidad, siendo la destilación el proceso más utilizado para estos fines. Como aplicación el agua destilada se la utiliza en las siguientes áreas:

- **Consumo Humano:** El agua forma parte importante del cuerpo humano y no se puede prescindir de ella, ingerir agua destilada es una forma de evitar la ingesta de elementos perjudiciales para la salud.
- **Reactivo Químico:** El agua destilada se utiliza en los laboratorios químicos, en la industria se usa este tipo de agua para alimentar las calderas evitando así incrustaciones no deseadas, también se usa como disolvente (industria alimentaria) para la producción de refrescos y bebidas.
- **En Medicina:** Se la aplica siempre para evitar infecciones y para esterilizaciones.

Ventajas y desventajas

Las ventajas de este tipo de agua son la carencia de cloro y otras sustancias nocivas para el ser humano, también se ha comprobado que el agua destilada alarga la vida celular debido a sus características y composición. Una de las principales desventajas, son sus costos de producción en forma masiva, ya que energéticamente hablando son muy elevados.

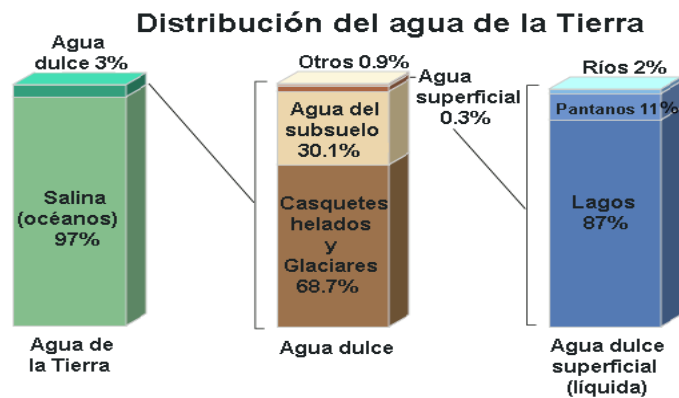
1.2 El agua

Es uno de los recursos naturales más importante, abundante, principal constituyente del globo terráqueo (casi la tercera cuarta parte) y del organismo humano (60 y 70%) siendo la base de todo ser vivo. Contiene sustancias orgánicas y minerales disueltos o en suspensión, su símbolo (H_2O) que significa que está formada de un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno.

Se presenta en tres estados físicos; líquido, sólido y gaseoso, es considerado como un recurso renovable, siempre y cuando se cumpla con un control en su uso, pero si es mal utilizado y se lo contamina, pasa a ser un recurso no renovable.

La distribución del agua en nuestro planeta (Figura 1.2) queda conformada de la siguiente manera:

Figura 1.2 Distribución del agua en la tierra



Fuente: (Salazar & Lopez, 2014)

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones. El ciclo hidrológico del agua es un proceso en donde el agua de fuentes como océanos, mares, lagos, ríos, etc., se evapora por medio del calentamiento del sol, sube a la atmósfera, se condensa en las nubes para luego bajar a la superficie terrestre. En este camino una parte del agua se evapora, otra parte se desplaza por los terrenos llegando así nuevamente a los lagos, ríos, lagunas, océanos, etc., el resto se filtra a través del suelo llegando a utilizar las plantas, para devolverla en forma de rocío agua y nuevamente evaporarse por medio del sol, este ciclo garantiza que el agua sea reutilizada por medios naturales.

Características y propiedades

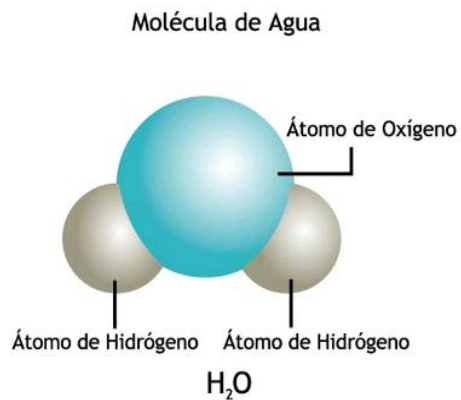
A presión atmosférica:

- Fórmula química: H_2O (Figura 1.3)
- Estado físico: Líquida, sólida y gaseosa.
- Carece de sabor, olor, color y forma.

- Densidad: 1 g./c.c. a 4°C.
- Punto de congelación: 0°C.
- Punto de ebullición: 100°C.

(Ver anexo 1.1)

Figura 1.3 Molécula de Agua

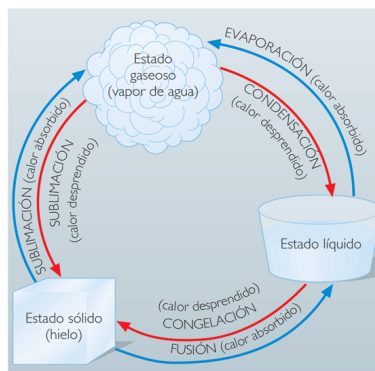


Fuente: (Educarchile, 2013)

Estados y ciclo del agua

Se puede observar en la Figura 1.3 y anexo 1.2.

Figura 1.4 Ciclo del Agua



Fuente: (Castellano, 2012)

Análisis químico del agua

Se puede diferenciar el agua mediante un análisis químico para clasificarla según los tipos de compuestos y porcentajes de pH que contiene y así saber si es apta para la purificación y por efecto para el consumo humano.

Agua destilada, exenta de gases disueltos, impurezas minerales y orgánicas mediante ebullición y por consiguiente condensación (anexo 1.3).

- Agua subterránea, agua que se infiltra en el suelo y se acumula en depósitos subterráneos que fluyen y se renuevan con lentitud, se los conoce como mantos freáticos o acuíferos.

1.3 Contaminación del agua

La contaminación de los recursos hídricos a nivel mundial es uno de los problemas más graves con los cuales se está enfrentando el ser humano y la misma naturaleza, producto del constante consumismo en el planeta, la producción desmedida a nivel industrial, el aumento de la población, etc., todo esto aporta al incremento de lluvias acidas, vertido de aguas residuales tanto a ríos como a mares y océanos (figura 1.5), productos químicos agrícolas, metales pesados, derrame de combustibles, aportan de sobremanera a poner en grave riesgo uno de los elementos más importante para la vida humana como es el agua.

Figura 1.5 Contaminación del Agua



Fuente: (Pascual, 2014)

Los ecosistemas más sensibles a la contaminación son los de agua dulce, ya que por medio de sus cauces soportan flujos constantes de materiales, por otro lado lagos y

estanques tienen ciclos naturales muy lentos por tal motivo tardan mucho en expeler los agentes contaminantes.

Fuentes de contaminación

Existen diferentes fuentes de contaminación del agua, entre las principales tenemos, los desechos domésticos y los desechos industriales (anexo 1.4).

Contaminación de las aguas subterráneas

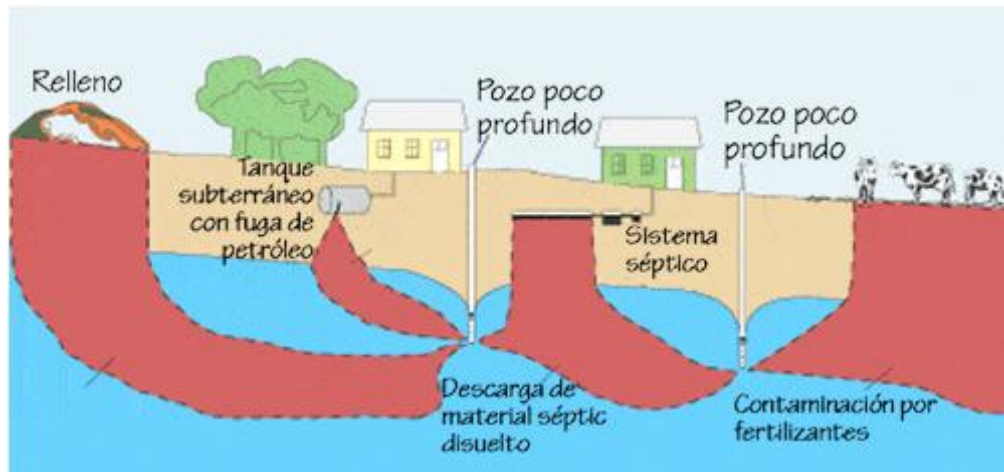
Es importante citar este tema ya que la investigación se enfoca en la destilación de agua de una fuente subterránea como es un “ojo de agua”, y el motivo de la purificación mediante este método es justamente porque se está dando casos de contaminación en estas áreas.

Las aguas subterráneas tienden normalmente a ser puras, ya que cuando el agua circula subterráneamente se limpia de agentes contaminantes como partículas y microorganismos, la fuente de este tipo de agua son principalmente los aportes de sistemas fluviales superficiales y la infiltración en el suelo de aguas lluvia.

Lamentablemente el severo crecimiento de pozos sépticos y de la agricultura cerca de estos afluentes ha ocasionado la contaminación de estas aguas a nivel alarmante para la población de zonas rurales (Figura 1.6), pero también existen factores naturales que hacen que el agua no sea apta para el consumo humano, como por ejemplo que se encuentre en zonas donde los acuíferos sean demasiado ricos en sales disueltas o por erosión naturales de ciertas formaciones rocosas.

Es importante destacar que cuando el agua subterránea se contamina es muy difícil poder aplicar tratamientos de depuración como se lo hace en zonas superficiales por su difícil acceso, por eso hay que tener en cuenta que las personas que consumen este fluido a veces no se dan cuenta que el agua tiene algún tipo de contaminación, justamente por que asumen que cuando son subterráneas, no son vulnerables a ser contaminadas.

Figura 1.6 Fuentes de Contaminación de Aguas Subterráneas



Fuente: (Laciencia, 2009)

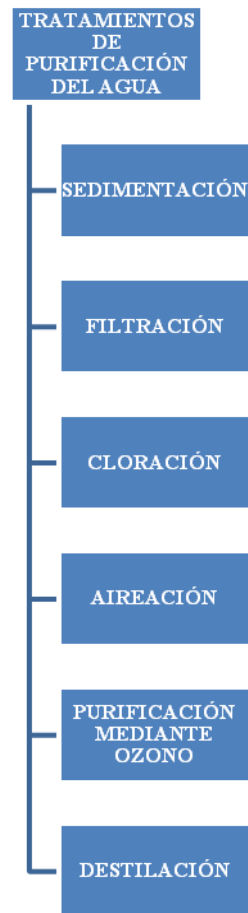
Efectos de la contaminación en la salud del ser humano

La contaminación del agua subterránea se está convirtiendo en un grave problema para las personas, principalmente las que viven a nivel rural, por ser este el medio donde se abastecen del líquido vital para el consumo. Diferentes son los mecanismos de transmisión de enfermedades, que se están convirtiendo en un problema de salud pública entre ellos están: Por ingestión de agua contaminada, contacto cutáneo o mucoso, a través de alimentos contaminados, por la reproducción de insectos que están contaminados. Anexo 1.5.

1.4 Tratamientos de purificación del agua

El agua, elemento vital para la vida humana procede de fuentes que con el paso de los años se han venido contaminando por diferentes causas, siendo motivo para que el hombre busque alternativas con métodos que ayuden a preservar la salud de su especie, ya que directamente el agua no puede ser consumida se han creado varios sistemas de purificación en los que principalmente se aplica la tecnología basada en la ciencia de la química para que este líquido sea apto para el consumo humano. En la Figura 1.7 se puede observar los principales tratamiento de purificación del agua.

Figura 1.7 Tratamiento de purificación de agua

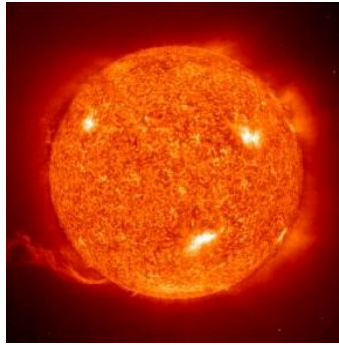


Elaborado por: Carolina Flores

1.5 Energía

La energía es la capacidad de todo cuerpo o sistema de transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros cuerpos o sistemas, originando procesos de transformación en ellos. Sin energía, ningún proceso físico, químico o biológico sería posible. Al mirar a nuestro alrededor se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común la presencia de energía.

Figura 1.8 Energía solar



Fuente: (Ramirez, 2015)

Energía térmica

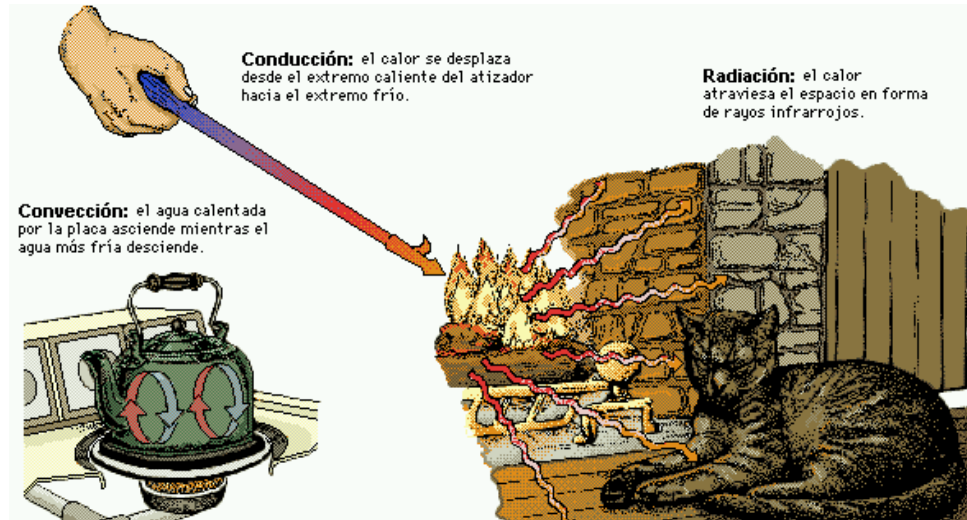
La energía térmica es la forma de energía que interviene en los fenómenos caloríficos. Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, el caliente comunica energía al frío; el tipo de energía que se cede de un cuerpo a otro como consecuencia de una diferencia de temperaturas es precisamente la energía térmica.

La cantidad de energía almacenada en un cuerpo en forma de calor depende de su masa (m) de un coeficiente llamado calor específico (C_p) que indica la cantidad de calor que puede almacenar un cuerpo y de su incremento de temperatura ($\Delta T = T_f - T_i$), como indica la siguiente ecuación:

$$E = m * C_p * \Delta T \quad \text{Ec. 1.1}$$

La energía térmica o calorífica se expresa de tres formas diferentes y su principal característica es que se transmite de un cuerpo frío a uno más caliente, como se indica en la figura 1.9:

Figura 1.9 Tipos de transferencia de calor



Fuente: (Microsoft Corporation, 2010)

Las formas de transferencia de calor se explican de mejor manera en el anexo 1.10.

1.6 Clasificación de las energías

Se clasifican en renovables y no renovables.

Energías no renovables

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas y se extinguen con su uso. Una vez agotado, las reservas no pueden ser regeneradas (anexo 1.11).

Energías renovables

Este tipo de energías se las conoce como renovables ya que aprovechan directamente los recursos que se los considera inagotables como el viento, el sol, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra, estos recursos están relacionados con los ciclos naturales del planeta, por lo que es posible disponer de estos recursos permanentemente, se puede observar algunas de las energías limpias que están funcionando en nuestro país como se observa en la figura 1.10.

Figura 1.10 Energías renovables



Fuente: (Huerta, 2013)

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías, que son: Contaminantes y Limpias. (Anexo 1.12)

1.7 Energía solar

La Energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica.

El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

En el Ecuador, la energía solar, por su ubicación geográfica, lo convierte en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere. Esto se debe a que el ángulo de incidencia de la luz solar, es perpendicular a nuestra superficie durante todo el año, situación que no ocurre en otros sitios del planeta, en donde el ángulo de incidencia de la luz solar, varía acorde a las estaciones del año.

Esta ventaja posicional del Ecuador, se traduce en la recepción de una mayor y constante cantidad de radiación solar, misma que varía dentro del territorio nacional únicamente

por condiciones climatológicas locales y que varían además de acuerdo a la cercanía o lejanía del sol (anexo 1.13).

Figura 1.11 Panel solar



Fuente: (Motran, 2012)

Ventajas, desventajas y aplicaciones de la energía solar

- **Ventajas:** Es una energía no contaminante que proporciona energía a bajos costos.
- **Desventajas:** Es una fuente energética intermitente, ya que depende del clima y del número de horas de sol al año. El rendimiento energético es bajo.
- **Aplicaciones:** Las aplicaciones de la energía solar térmica son variados, se la puede utilizar en la cocción de alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, para la climatización de piscinas, para la generación de electricidad por medio de paneles solares, purificación de agua por medio de destiladores, etc.

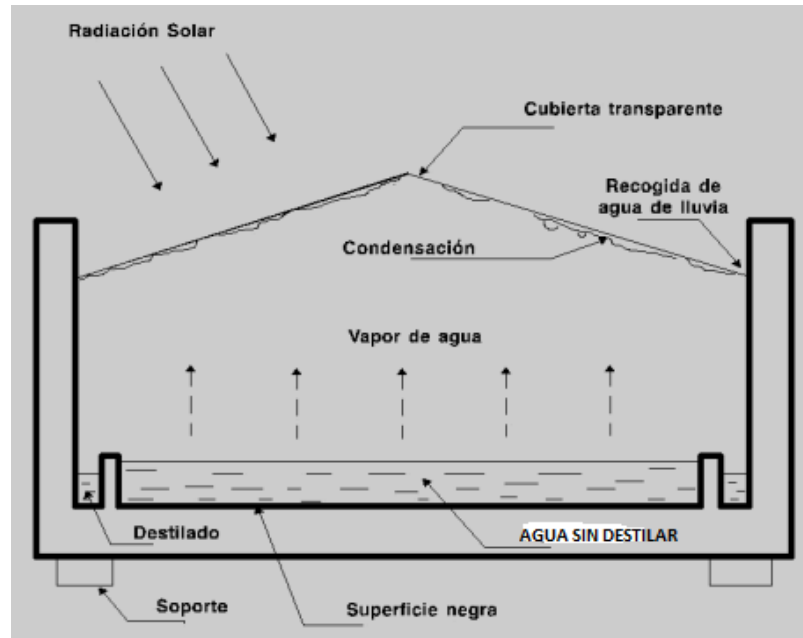
1.8 Destiladores solares

Los destiladores solares son sistemas que mediante el aprovechamiento de la captación de energía solar, purifican agua en base a la reproducción acelerada de los ciclos naturales de evaporación y condensación (efecto invernadero), este proceso se lo conoce como destilación solar, ya que el agua producto del destilado queda libre de sales, se eliminan bacterias, hongos, virus y otros tipos de contaminantes por lo tanto es apta para

el consumo humano. Este proceso dependerá de factores como la radiación solar, velocidad del viento (que enfría el vidrio exterior), temperatura interior y exterior en el sistema, etc.

Existen destiladores solares que pueden abarcar usos domésticos hasta aplicaciones de tipo industrial, esto dependerá del volumen de agua que se quiera purificar.

Figura 1.12 Destilador solar y sus principales partes



Fuente: (Hadzich, 2013)

Características técnicas de un destilador solar

El destilador solar requiere de un elemento que atraiga la energía solar con el fin de incrementar la temperatura del agua y así evaporarla. La radiación visible e infrarroja es absorbida por cualquier superficie de color oscuro, de preferencia negro mate. El acabado mate se usa para lograr una mejor absorción y evitar pérdidas de una fracción de luz por reflexión. El colector solar que contiene el agua que se quiere destilar debe ser de color negro, para evitar las pérdidas indeseables de calor, es necesario que el colector esté aislado térmicamente por la parte inferior. El calentamiento del agua produce evaporación, el agua evaporada se recolecta mediante una cubierta de vidrio o algún otro material colocado sobre el evaporador a una distancia e inclinación adecuadas.

Existen varios diseños de condensadores. El más simple consiste en una caseta de vidrio con una inclinación aproximada de 20° con respecto a la horizontal, lo cual permite que las gotas de agua condensada escurran hacia abajo en donde se colectan en pequeños canales.

Elementos de un destilador solar

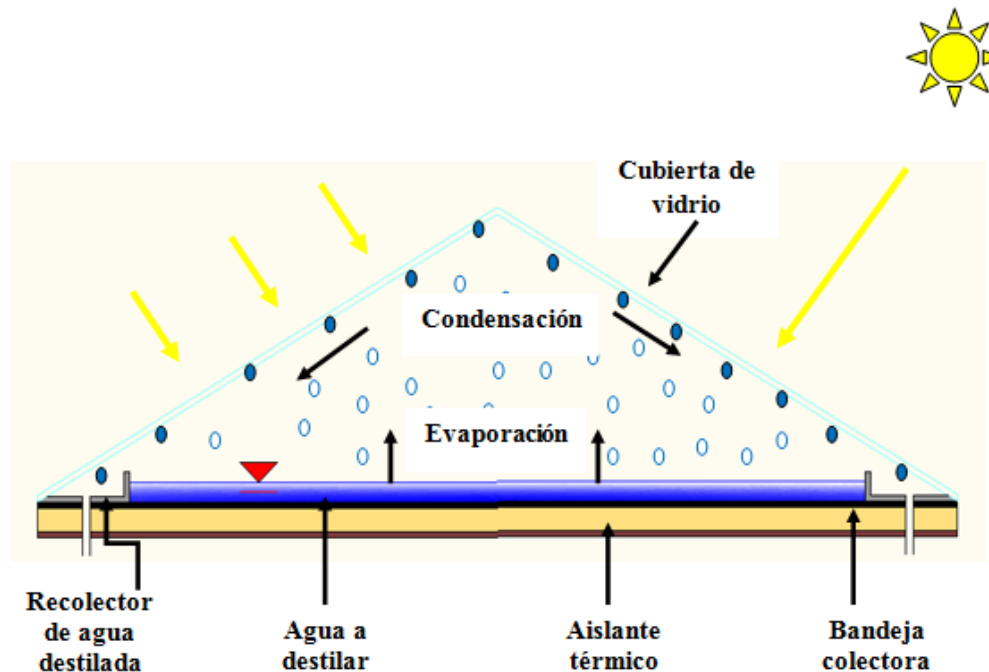
El destilador solar se constituye de los siguientes elementos (figura 1.12):

- **Colector solar:** Es un recipiente en donde se almacena el agua que se va a tratar, debe tener las características físicas para una buena absorción térmica y para evitar corrosión y oxido. Se requiere de un aislante térmico en la base, para evitar pérdidas de calor. El tanque colector tendrá los recubrimientos adecuados para soportar las altas temperaturas, estanqueidad del sistema y ataque químico.
- **Evaporador:** La superficie del agua actúa como evaporador, donde alcanza una temperatura en la cual se logra iniciar el proceso evaporativo, aumentando la presión de vapor de agua. Influye la radiación solar directa para la obtención de la evaporación.
- **Cámara de aire:** Se localiza entre la superficie de agua (evaporador) y la superficie interna de la cubierta de vidrio (condensador). Esta región con aire, es la encargada de transferir agua al aire para convertirlo en aire saturado, el aire es el medio de transporte de las moléculas de agua que suben por medio de difusión molecular.
- **Condensador o cubierta:** Es propiamente la zona interna de la cubierta del destilador, que debe ser de un material transparente para el paso de la rayos solares y sin retención de altas temperaturas ya que debe tener una temperatura menor que el resto del destilador y sobre todo del evaporador con una distancia para que se genere vapor en la cámara de aire, la diferencia de temperatura entre las partes produce un cambio de fase de vapor a liquido, consiguiendo el condensado. La eficiencia del condensador se basa en el área de mismo, que tiene que ser igual que el área del evaporador, la velocidad del viento es importante para la buena ventilación, ya que con esto se lo mantiene a una

temperatura baja y la inclinación de la superficie que tiene que ser la indicada para que el agua condensada se desplace a los costados de la cubierta y se almacene en los depósitos del agua tratada. Existen diferentes tipos de cubiertas (anexo 1.14).

- **Elementos para la recolección del condensado:** El destilado que escurre hacia abajo, a lo largo de la cubierta del condensador, debe ser recolectado de forma que no se contamine y no se vuelva a evaporar. Para ello se utilizan conducciones independientes colocadas en la parte baja del condensador, pero protegidas adecuadamente contra la posibilidad de que el destilado se mezcle con el agua a tratar. Estas conducciones llevan el destilado al punto deseado, que suele ser un depósito relativamente cercano. El destilado o condensado puede ser utilizado para riego, consumo humano, baterías de automóviles, y otros.

Figura 1.13 Elementos de un destilador solar simple de doble vertiente



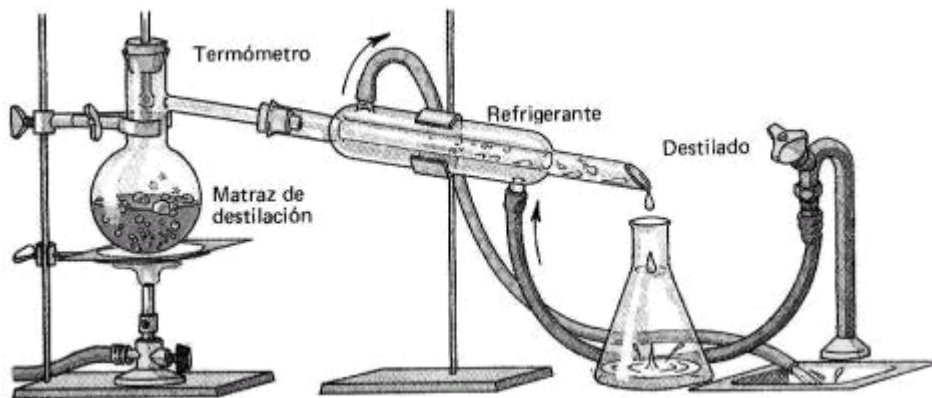
Elaborado por: Carolina Flores

1.9 Destilación

El proceso consiste en calentar una cierta cantidad de agua en un recipiente herméticamente cerrado y conectado a un condensador por su parte superior, el vapor de agua sube y al pasar por el condensador nuevamente se convierte en líquido (agua destilada), que será almacenada en un recipiente colector que está conectado al otro extremo del condensador (figura 1.14).

En la naturaleza, la destilación es un proceso que se produce en el ciclo del agua, por medio del calentamiento solar, este tipo de destilación se simula en el proyecto del destilador solar en mínima escala.

Figura 1.14 Alambique de destilación simple



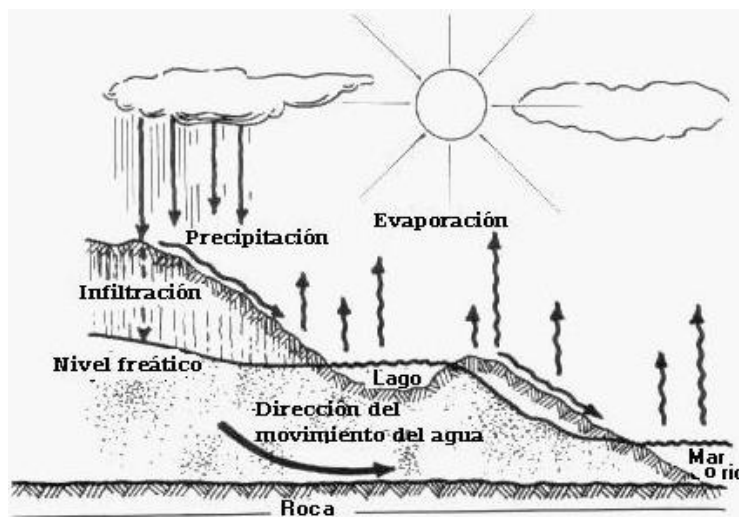
Fuente: (neetescuela, 2012)

1.10 Evaporación

La evaporación es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, este proceso implica que las moléculas en estado líquido (en este caso el agua) se transformen en gas espontáneamente (vapor de agua).

En la naturaleza se da el estado de evaporación (Figura 1.15), en donde la radiación solar proporciona a las moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado. En la superficie terrestre todo tipo de agua está expuesta a la evaporación, en cuestión de intensidad, este fenómeno se debilita cuando es menor la agitación de las moléculas y al contrario se hace más intenso cuando existe mayor cantidad de líquido para evaporarse.

Figura 1.15 Evaporación en la naturaleza



Fuente: (Marcano, 2010)

La superficie evaporante tiene que tener la suficiente capacidad como para admitir el vapor de agua generado en el proceso, esto se llama poder evaporante de la atmósfera.

El proceso de evaporación sucede de la siguiente forma; las moléculas de agua están en continuo movimiento, cuando llegan a la superficie del líquido aumentan su temperatura por efecto de la radiación solar y también su velocidad, creciendo por tanto su energía cinética hasta que algunas consiguen liberarse de la atracción de las moléculas adyacentes y atravesar la interface líquido-gas convirtiéndose en vapor. De esta manera, la capa de aire inmediatamente por encima de la superficie se satura de humedad.

El calor absorbido por unidad de masa de agua para realizar el cambio de estado se denomina calor latente de evaporación (anexo 1.6). La evaporación es una parte esencial del ciclo del agua, la energía solar provoca la evaporación del agua de los océanos, lagos, humedad del suelo y otras fuentes de agua.

Tres puntos claves de la evaporación son el calor, la humedad y el movimiento del aire.

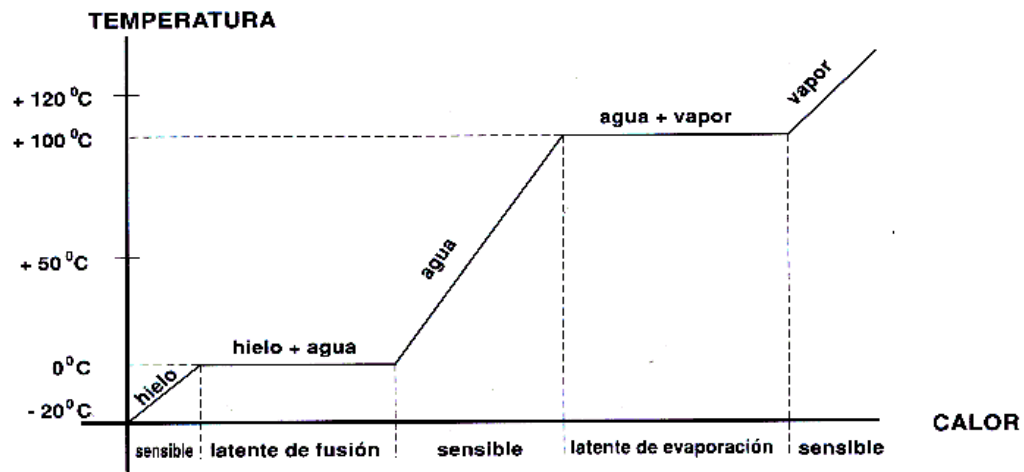
Temperatura y cantidad de calor en la evaporación

La evaporación del agua puede producirse prácticamente a cualquier temperatura entre 0 y 100° C a presión atmosférica, aunque puede ser más rápida si se eleva la temperatura del sistema ya que la proporción de moléculas de agua que se escapan será mayor, por

que adquieren suficiente energía cinética para escaparse de la atracción de las otras moléculas, pasando a la atmosfera en forma de vapor. Este fenómeno depende también de la humedad relativa del aire, puesto que al igual que hay moléculas que escapan hay otras que pasan de la atmósfera al sistema líquido: se produce un equilibrio.

El calor que se añade al líquido para que se incremente la temperatura se le conoce como sensible, ya que hace que exista variación en la temperatura al acelerarse su temperatura dentro de esta nueva estructura. El líquido que se ha ido calentando, llega a un punto donde la temperatura es constante, cambiando su estado a vapor, ahí el calor latente es absorbido por el cuerpo, cuando éste se transforma completamente en vapor, se añade más calor, sube nuevamente la temperatura que estaba constante durante el cambio de estado. El calor latente, cualquiera que sea, se mantiene oculto, pero existe aunque no se manifieste un incremento en la temperatura, ya que mientras dure la fundición o la evaporación de la sustancia no se registrará variación de la misma.

Figura 1.16 Calor sensible y calor latente



Fuente: (Netto, 2000)

En la grafica 1.16, se comprueba que todas las zonas de calor sensible corresponden a un aumento de temperatura, mientras que las de calor latente mantienen una temperatura uniforme que producen un cambio de estado.

La expresión matemática de esta relación es la ecuación calorimétrica (Ver anexo 1.6). Las cantidades de calor latente para el agua son:

- Fusión, 80 calorías.
- Evaporación, 539 calorías.

Las temperaturas correspondientes a estos cambios de estado son siempre constantes a igualdad de presión. Es importante destacar y no confundir los conceptos de evaporación y ebullición, ya que la diferencia entre estos dos fenómenos consiste en que la evaporación tiene lugar a cualquier temperatura y la ebullición se da únicamente cuando dicha magnitud alcanza un valor determinado. En la grafica presión temperatura se puede observar la zona de evaporación y condensación (anexo 1.7).

Equilibrio evaporativo

Si la evaporación ocurre en un recipiente cerrado o en sitios calientes, las moléculas que se escapan se acumularán como vapor encima del líquido. Muchas de las moléculas vuelven al líquido, haciendo que el retorno sea más frecuente conforme la densidad y la presión del vapor aumentan. Cuando el proceso de fuga y retorno alcanza un equilibrio, se dice que el vapor está "saturado" y ya no se dará ningún cambio adicional en la presión o la densidad del vapor. Para un sistema que consiste en vapor y líquido de una sustancia pura, este estado de equilibrio está directamente relacionado con la presión de vapor de la sustancia, como viene expresado en la relación de Clausius-Clapeyron (anexo 1.8):

Factores que influyen en la tasa de evaporación

- Concentración de la sustancia que se evapora en el aire; si el aire ya tiene una alta concentración de la sustancia que se evapora, entonces la sustancia se evaporará más despacio.
- Concentración de otras sustancias en el aire; si el aire ya está saturado con otras sustancias, puede tener una capacidad inferior para la sustancia que se evapora.
- Tasa de flujo de aire; si el aire fresco se mueve sobre la sustancia todo el tiempo, la concentración de la sustancia en el aire tendrá menos probabilidad de subir con el tiempo, potenciando así una evaporación más rápida. Esto resulta en una capa divisoria en la superficie de evaporación que disminuye con la velocidad de flujo, disminuyendo la distancia de difusión en la capa estancada.

- Concentración de otras sustancias en el líquido (impurezas); si el líquido contiene otras sustancias, tendrá una capacidad inferior para la evaporación.
- Temperatura de la sustancia; si la sustancia está más caliente, la evaporación será más rápida.
- Fuerzas intermoleculares; cuanto mayor son las fuerzas que mantienen las moléculas juntas en el líquido, más energía será necesaria para evaporarlas.
- Área superficial; una sustancia que tiene un área superficial más grande se evaporará más rápido, ya que hay más moléculas superficiales que son capaces de escaparse.
- Calentamiento; cuanto más grueso es el recipiente donde se está calentando, más se reduce la evaporación del agua, debido a que se dedica menos calor a lo propia evaporación.

1.11 Condensación

La condensación es el proceso por el cual el agua cambia de fase, de vapor o gas a estado líquido, cuando la presión de vapor de agua (PV) es mayor que la presión de vapor de saturación (PVS). Este proceso depende de dos factores como la presión y la temperatura. El equipo industrial o de laboratorio necesario para realizar este proceso de manera artificial se denomina condensador.

La condensación es un proceso regido con los factores en competición de energía y entropía. Mientras que el estado líquido es más favorable desde el punto de vista energético, el estado gaseoso es el más entrópico.

Esta fase es la responsable de la formación de las nubes. Algunos ejemplos comunes de la condensación son: el rocío que se forma en la hierba en horas de la madrugada, las gotas que se forman en un vaso con una bebida fría en un día caliente de verano, la figura 1.17 muestra como se condensa el agua.

Figura 1.17 Condensación



Fuente: (Prado, 2012)

Los mecanismos de enfriamiento de la atmósfera pueden ser varios:

- Mezcla de masas de aire húmedo a diferente temperatura
- Contacto con una superficie fría
- Enfriamiento adiabático, que es el más efectivo.

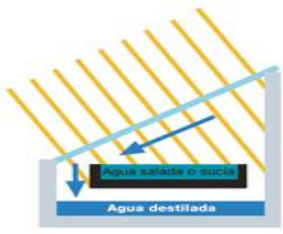
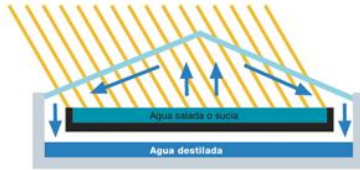
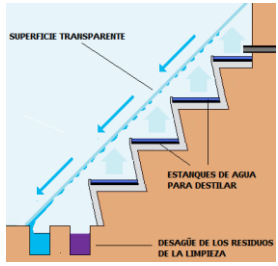
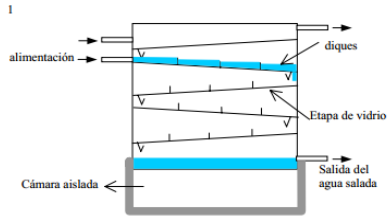
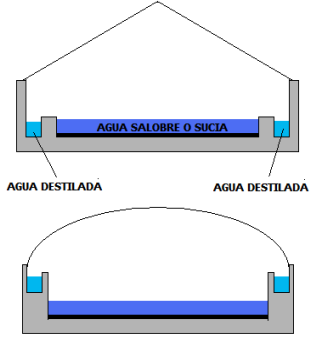
Durante el proceso de condensación se desprende energía equivalente al calor latente de vaporización. Además, es necesario que existan núcleos de condensación sobre los que puedan formarse las gotas, son las denominadas partículas higroscópicas por su capacidad para absorber humedad. En caso de que no existan partículas de este tipo, el agua puede permanecer en forma de vapor incluso cuando $PV > PVS$, por otra parte la condensación puede iniciarse sobre núcleos higroscópicos antes de llegar a la saturación.

Formas de condensación en la naturaleza

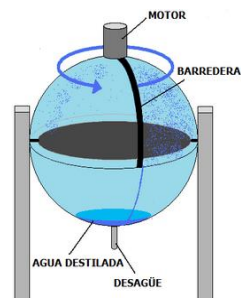
Existen dos formas fundamentales de condensación: las nieblas que se ligan a condiciones de estabilidad y por tanto falta de turbulencia y las nubes que aparecen en condiciones de inestabilidad (anexo 1.9).

Tipos de destiladores solares

Figura 1.18 Tipos de destiladores solares

<p>De caseta de una sola vertiente</p>	
<p>De caseta de dos vertientes</p>	
<p>De cascada</p>	
<p>Multi etapa</p>	
<p>De invernadero</p>	

Esférico de barredera



Fuente: (S.L, 2013)

CAPITULO 2

2. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESTILADOR SOLAR

Introducción

Se enfoca en el desarrollo del diseño de un destilador solar para purificar agua de una vertiente natural para el consumo humano. Dentro del estudio del diseño están los parámetros principales que se seleccionan con el fin de aprovechar el sistema de la mejor forma posible en base a las necesidades planteadas.

Primero se escoge el tipo de destilador, evaluando cada uno de los destiladores existentes. Para el diseño del sistema se evalúan los parámetros como la intensidad de la energía solar, donde es necesario calcular los ángulos de inclinación, precisar las coordenadas donde se va a realizar las pruebas, para finalmente llegar a determinar los valores de radiación tanto en una superficie horizontal como en una superficie inclinada, con estos valores se inicia el cálculo del calor perdido por convección, radiación y evaporación.

En el diseño es importante realizar un balance de energía en las partes principales del destilador solar (cubierta, agua y colector), para después de este análisis determinar el calor que absorbe y las pérdidas del sistema en general.

Con los parámetros ya calculados se puede identificar la eficiencia del sistema y la producción de agua destilada por día.

Las dimensiones de los materiales a utilizar se plantean gracias a los cálculos de diseño, se escogen los materiales más idóneos y sobre todo los existentes en el mercado nacional.

Se realiza un diagrama con los procesos de la construcción del destilador solar.

2.1 Alternativas de selección según el tipo de destilador y destilación

En el capítulo 1, se estudia los métodos de destilación y los tipos de destiladores que existen en la actualidad. La selección del destilador solar de doble vertiente, se la hace en referencia al tipo de sistema más óptimo para el aprovechamiento de la captación de la energía solar por la forma de su cubierta, la construcción del mismo es de las más sencillas pero al mismo tiempo es uno de los más eficientes para la producción de agua destilada, otros aspectos técnicos importantes son “la facilidad de trabajo y operación, la disponibilidad de materiales y el fácil mantenimiento. El costo y el manejo en el transporte también son aspectos económicos importantes” (Rodriguez & Saavedra, 2008, p. 79), ya que el estudio de este prototipo está hecho para que en el futuro se lo utilice en zonas rurales donde no se dispone de fondos económicos altos para la construcción de estos equipos.

El tipo de destilación es la solar, ya que es un proyecto enfocado a las energías renovables y al uso del equipo en campos abiertos donde no llega la energía eléctrica convencional.

La tabla 2.1, indica en un rango del 1 al 10 la calificación que se aplica a cada tipo de destilador para la selección, siendo 1 la más baja y 10 la más alta, esta tabla está dividida en tres aspectos importantes para determinar la selección del sistema:

- Aspecto técnico, que se refiere al funcionamiento, tipo de materiales a utilizar y la disponibilidad en el mercado local de los mismos, facilidad de operación, facilidad, tiempo en la construcción y eficiencia en base a la energía solar que capte.
- Aspecto económico, por ser un sistema que se utiliza en zonas rurales, los costos del mismo se tienen que minimizar, para ello los materiales de construcción, la mano de obra tanto en construcción como en operación y el transporte se deben regir a un presupuesto cómodo, que implique que los habitantes de estas zonas puedan adquirir este tipo de sistemas.
- Seguridad, limpieza e impacto ambiental, implica seguridad en la construcción y en el manejo del mismo, facilidad en la limpieza, sabiendo que cada cierto

periodo de tiempo hay que inspeccionar el equipo y limpiarlo totalmente, el impacto medio ambiental de los equipos se reduce a la cantidad de energía consumida y de emanaciones de gases de efecto invernadero equivalente generados durante la fabricación de los materiales que integran los equipos.

Tabla 2.1 Selección del destilador solar

TIPO DE DESTILADOR	ASPECTO TÉCNICO	ASPECTO ECONÓMICO	SEGURIDAD Y LIMPIEZA	CALIFICACIÓN PARA LA SELECCIÓN
Simple de una vertiente	7	9	9	8,33
Simple de doble vertiente	9	8	9	✓ 8,67
Tipo cascada	8	3	7	6
Multietapa	8	4	4	5,33
De invernadero	7	5	5	5,67
Esférico de barrera	8	4	3	5

Elaborado por: Carolina Flores

2.2 Aspectos fundamentales para el diseño del destilador solar

Entre los aspectos fundamentales para desarrollar un sistema como el destilador solar están:

- Tipo.
- Materiales y dimensiones.
- Intensidad de la radiación solar.
- Evaporación y condensación del agua.
- Temperatura interior y de los alrededores del sistema.

- Transferencia de energía y masa.

Las variables que afectan la producción de agua destilada son (Leitao 2010, p. 13):

- Intensidad de la energía solar.
- Profundidad del agua.
- Concentración de sales e impurezas.
- Temperatura del ambiente, exterior e interior.
- Velocidad del viento.
- Área del colector.

2.3 Características del agua a destilar

La característica principal del fluido, tiene relación con las aguas subterráneas que se estudian en el capítulo 1, es agua que viene de una vertiente natural (ojo de agua) que se encuentra en la zona de San José de Minas comunidad de Jatunpamba. Se recoge muestras de esta agua para enviar al análisis respectivo en un laboratorio acreditado por el ministerio de salud pública, en el que se realizan diferentes tipos de análisis entre ellos, análisis cualitativos y cuantitativos de las muestras, tales como físico químico y microbiológico para determinar las características del agua antes del proceso de purificación según norma INEN 1108 (INEN, 2006).

Tabla 2.2 Límites permisibles para el agua potable norma INEN 1108

Ensayo físico químico	Unidad	Resultados	Límites permisibles (INEN 1108)
Color real	Unid. Pt-Co	<5	15 (límite max)
pH	-	7,38	6,5-8,5
Turbidez	NTU	0,32	5 NTU (límite max. permitido)
Dureza total	mg/L	106,80	300

Ensayo microbiológico	Unidad	Resultados	Límites permisibles (INEN 1108)
Aerobios totales	UFC/ml	27×10^2	No deberá ser superior a 100
Coliformes totales	NMP/100ml	49	<2
Mohos y levaduras	UPM/ml	1×10^0	-

Elaborado por: Carolina Flores

El agua de vertiente según el análisis de laboratorio no es apta para el consumo humano, siendo importante que se la procese para verificar los resultados. Resultados de análisis anexo 2.1.

Figura 2.1 Toma de muestras de agua en el lugar de la vertiente natural



Elaborado por: Carolina Flores

2.4 Características del agua después del proceso de destilado

El agua que se debe obtener después del proceso de purificación debe estar dentro de los límites permisibles que se especifica en la norma INEN 1108 para el agua potable. Se realiza análisis de laboratorio para comprobar la veracidad del proceso y verificar que la destilación solar purifica el agua y la convierte en un líquido consumible por el ser humano. Se adjuntan los resultados luego de la obtención de las muestras (anexo 3.7).

2.5 Cálculo de la intensidad de la radiación solar en Ecuador

Como se menciona anteriormente uno de los parámetros más importantes en la destilación solar es la intensidad con la que llega la radiación solar al sistema, a continuación se analiza el recurso solar que existe en la zona donde se va a realizar el proceso.

Latitud

La zona donde se van a realizar las pruebas del destilador es en la ciudad de Quito, sector norte:

Latitud Quito Norte	0,13
Longitud Quito Norte	78,48W
Altitud Quito Norte	2812 msnm

Tabla 2.3 Coordenadas y altitud zona norte Quito

Fuente: (NEC10, 2006)

Entonces, la latitud de Quito norte es:

$$\varnothing = 80^{\circ}13'$$

$$\varnothing = -\frac{13}{60}$$

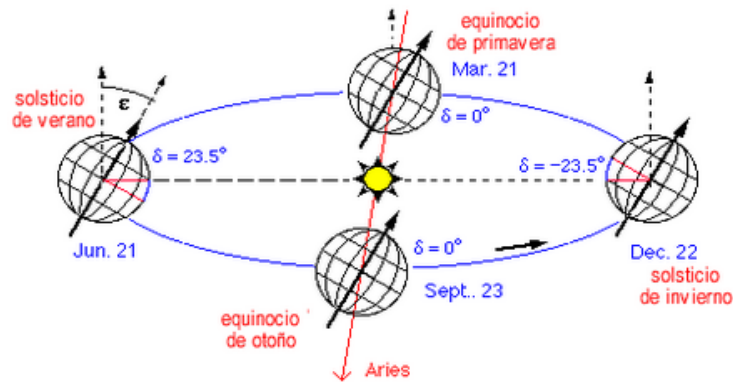
$$\varnothing = -0,217$$

Declinación Solar (δ)

Es el ángulo formado entre el rayo solar con el plano del ecuador en cada época del año.

En la figura 2.2, se observa la declinación solar δ para las diferentes estaciones del año.

Figura 2.2 Declinación solar en las diferentes estaciones del año



Fuente: (movapsol, 2010)

Con la ecuación de Cooper (1969), se puede calcular δ en forma mensual con el número de día del año (anexo 2.3).

$$\delta = 23,45 * \text{sen} * \left[\frac{360 * (284 + n)}{365} \right] \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

δ = Ángulo de declinación solar [grados]

n = Número de día del año

$$\delta_{abr} = 9,42^\circ$$

Ángulo del ocaso o semiángulo horario (ω_s)

El sol en su movimiento aparente diario recorre 15° cada hora, por lo que el tiempo solar habitualmente referido en horas antes (-) o después (+) del medio día solar, puede también expresarse en su correspondiente valor angular.

$$\omega_s = \arccos [-\tan(\delta) * \tan(\varnothing)] \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

ω_s = Ángulo del ocaso [grados]

δ = Angulo de declinación solar [grados]

\varnothing = Latitud del lugar donde se hace la prueba de destilación [grados]

$$\omega_{s-abr} = 89,96^\circ$$

Número de horas de sol teóricas (N)

Son las horas útiles calculadas en base al ángulo del ocaso, desde que sale hasta que se esconde el sol, se utilizan como referencia para el diseño de equipos que trabajan con energía solares.

$$N = \frac{2}{15} * \omega_s \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

N = Numero de horas de sol teóricas [h]

ω_s = Ángulo del ocaso [grados]

$$N_{abr} = 11,99 \approx 12 \text{ horas}$$

Constante solar (G_{sc})

Es el flujo de energía solar proveniente del sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la tierra al sol, fuera de toda atmosfera (Douglas, 2009).

$$G_{sc} = 1353 \frac{W}{m^2}$$

2.6 Radiación solar extraterrestre

Es la radiación solar diaria que se recibe sobre una superficie horizontal situada en el límite superior de la atmosfera. El flujo de energía sobre una superficie determinada depende de la irradiación y la orientación que exista sobre y en la superficie respectivamente. La intensidad de la radiación sobre esta superficie, depende del ángulo de incidencia (θ) que se encuentra formando la normal de la superficie respecto a la dirección de propagación de la radiación. Si se encuentra en dirección a la radiación es máxima, si esta en sentido opuesto es mínima. Ejemplo: El 3 de enero, cuando el sol está más cerca de la tierra, la radiación solar fuera de la atmosfera alcanza un valor aproximado de 1440 W/m^2 . El 4 de Julio cuando el sol se localiza en su punto más alejado, se estima un valor de 1330 W/m^2 .

En el transcurso del año, la radiación extraterrestre medida en un plano normal a su dirección, varía dentro de los límites descritos en el ejemplo, y se la define a partir del valor de la constante solar (G_{sc}) con la siguiente ecuación:

$$G_{on} = G_{sc} * \left[1 + 0,033 * \cos \left(\frac{360 * n}{365} \right) \right] \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

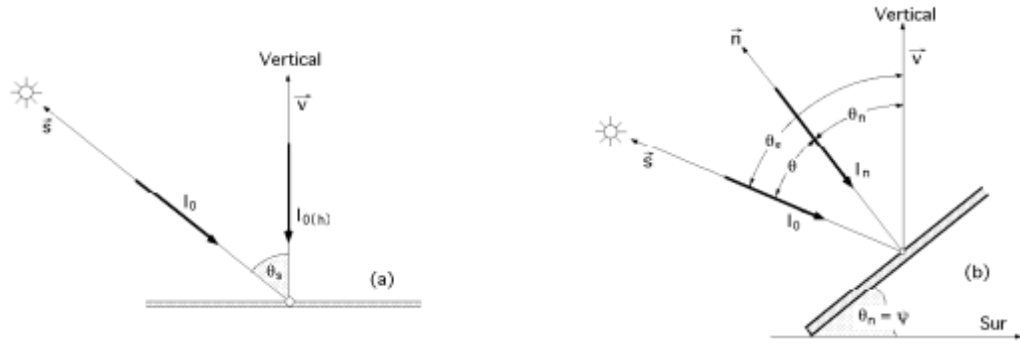
G_{on} = Flujo de radiación extraterrestre (fuera de la atmosfera) medida en un plano normal a la radiación.

G_{sc} = Constante solar [W/m^2]

n = Numero de día del año

$$G_{on-abr} = 1342,53 \frac{W}{m^2}$$

Figura 2.3 Radiación directa solar sobre superficies horizontal e inclinada



Fuente: (Fernández, 2010)

Radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal (H_0)

Para definir la ecuación de H_0 , es necesario integrar la ecuación de G_0 desde el amanecer hasta el ocaso:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} G(t) dt$$

$$I = \int_{t_1}^{t_2} \left\{ G_{sc} * \left[1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right] * [\cos(\varnothing) * \cos(\delta) * \cos(\omega) + \text{sen}(\varnothing) * \text{sen}(\delta)] \right\} dt$$

Quedando la ecuación para H_0 de la siguiente forma:

$$H_o = \frac{24 * 3600 * G_{sc}}{\pi} * \left[1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right] * \left[\cos(\varnothing) * \cos(\delta) * \text{sen}(\omega) + \left(\frac{\pi * \omega}{180}\right) \text{sen}(\varnothing) * \text{sen}(\delta) \right] \quad \text{Ec. 2.5}$$

$$H_o = 3,64 \times 10^7 \left[\frac{J}{m^2} \right]$$

$$H_{o-abr} = 10107,99 \left[\frac{W.h}{m^2} \right]$$

Radiación diaria solar promedio terrestre sobre una superficie horizontal (H)

Para estimar la radiación solar promedio (H), se debe vincular las horas de sol con la radiación solar, en donde se ocupa la relación Angstrom-Prescott que se expresa con la siguiente ecuación:

$$\frac{H}{H_o} = (a + b) * \frac{nr}{N}$$

$$H = H_o * \left[(a + b) * \frac{nr}{N} \right]$$

Ec. 2.6

Donde:

a y b = Constantes de Angstrom

N = Horas de sol teóricas (h)

nr = Numero de horas con sol brillante en el mes

$$H_{abr} = 4303,34 \left[\frac{W.h}{m^2} \right]$$

Para el desarrollo del diseño del destilador solar, se debe trabajar en base al mes donde el valor de la irradiancia global (H) sea el más bajo, se ha calculado en una hoja electrónica para todos los meses del año, dando como resultado que los meses de marzo y abril tienen niveles de irradiancia bajos, ya que son meses con épocas de invierno y alta nubosidad, los resultados que se exhiben en los cálculos están basados en el mes de abril, así se puede diseñar el prototipo en base a un error permisible cuando se realicen los cálculos reales.

2.7 Estimación de la radiación solar en una superficie inclinada (H_T)

Cuando se necesita diseñar instalaciones de aprovechamiento solar, es importante convertir datos de radiación sobre una superficie horizontal en datos de radiación sobre

una superficie inclinada, tanto para la radiación directa como para la radiación difusa. Para el caso del destilador solar, la superficie inclinada es la de vidrio.

$$H_T = H_b * R_b + H_d * \left(\frac{1 + \cos(\theta)}{2} \right) + H * \left(\frac{1 - \cos(\theta)}{2} \right) * \rho_d \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

H_T = Radicación solar en la superficie inclinada $\left[\frac{W.h}{m^2} \right]$

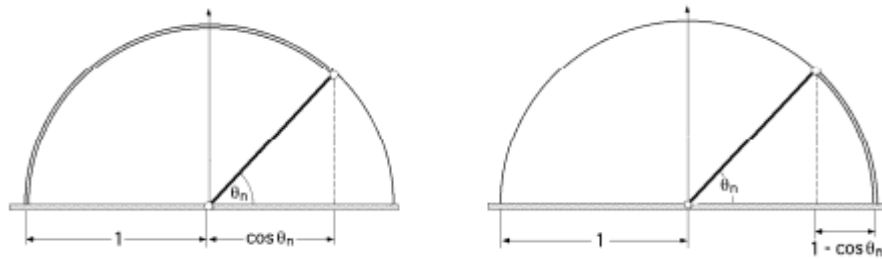
H_b = Radicación solar directa horaria en una superficie horizontal $\left[\frac{W.h}{m^2} \right]$

H_d = Radicación solar difusa horaria en una superficie horizontal $\left[\frac{W.h}{m^2} \right]$

H = Radicación global horaria $\left[\frac{W.h}{m^2} \right]$

ρ_d = Albedo o coeficiente de reflexión del suelo

Figura 2.4 Modelo para determinar la radiación total, difusa y albedo



Fuente: (Fernández, 2010)

Para poder llegar al cálculo de H_T , es necesario primero calcular H_b y H_d , como se lo hace a continuación:

Cálculo de la radiación solar difusa horaria en una superficie horizontal (H_d)

La radiación difusa, es la que se recibe del sol pero después que se ha reflejado y difundido en la atmosfera, modificando su dirección original.

Se calcula en base al valor de KT (índice de claridad) propuesto por Liu y Jordan (1960), donde se utiliza la siguiente ecuación:

$$H_d = H * [1,39 - 4,03 * KT + 5,53 * KT^2 - 3,11 * KT^3] \quad \text{Ec. 2.8}$$

Índice de claridad (KT)

Es la relación entre la irradiación diaria solar promedio terrestre sobre una superficie horizontal (H) y el flujo de radiación extraterrestre medida en un plano normal a la radiación (H_o). Este parámetro mide la transparencia de la atmosfera y en base a ello se apoyan otros métodos para medir la radiación sobre superficies inclinadas.

$$KT = \frac{H}{H_o} \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$KT_{abr} = 0,25$$

Con el valor de KT, se reemplaza los valores en la ecuación 2.8 y se calcula la radiación solar difusa H_d :

$$H_{d-abr} = 1878,92 \left[\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia} \right]$$

Radiación solar directa horaria en una superficie horizontal (H_b)

Es aquella radiación que se recibe del sol sin que haya cambio de dirección alguno. Depende de la radiación difusa (H_d), el cálculo de la radiación directa (H_b) se lo hace con la siguiente ecuación:

$$H_b = H - H_d \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$H_{b-abr} = 2424,42 \left[\frac{W.h}{m^2.dia} \right]$$

Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día (R_b)

Es la razón del promedio diario para cada mes de la radiación directa sobre una superficie inclinada al promedio de la misma magnitud pero sobre una superficie horizontal.

$$R_b = \frac{\text{sen}(\delta) * \text{sen}(\theta - \beta) * (t_2 - t_1) + \frac{12}{\pi} * \cos(\delta) * \cos(\theta - \beta) * [\text{sen}(15 * t_1) - (15 * t_2)]}{\text{sen}(\delta) * \text{sen}(\theta) * (t_2 - t_1) + \frac{12}{\pi} * \cos(\delta) * \cos(\theta) * [\text{sen}(15 * t_1) - \text{sen}(15 * t_2)]} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde:

β = Ángulo de inclinación de la cubierta del vidrio.

t_1 = Tiempo inicial desde las 24 horas o 12 de la noche hasta las 9 de la mañana.

[horas]

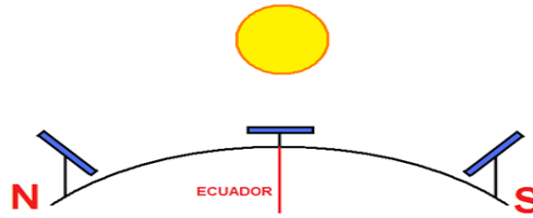
t_2 = Tiempo final desde las 24 horas o 12 de la noche hasta las 16 horas. [horas]

$$R_b = 0,74$$

Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal para la cubierta de un destilador solar (θ)

Los grados de inclinación de la cubierta, se basan principalmente en la latitud del lugar donde se monte el sistema, para el caso del destilador solar, la latitud del lugar es de 0,15S, lo que quiere decir que se debe dar una inclinación con respecto a la horizontal de 0°15", como esta inclinación es mínima, existe el problema que las gotas de agua destilada no llegaran al colector de la misma, ya que en la trayectoria por su poca pendiente caerá al recipiente del agua sin tratamiento, por tal motivo se escoge un ángulo de 30° ya que las perdidas por radiación son menores, la difusión es mayor y permite el deslizamiento de las gotas de agua tomada en la cubierta sin que caigan nuevamente en la bandeja (Puppo, 1999).

Figura 2.5 Inclinación de captadores solares



Fuente: (www.aulafacil.com)

La radiación solar incidente o radiación total (H_T) sobre una superficie con una inclinación β respecto a la horizontal, es la suma de sus componentes: directo, difuso y reflejado por el suelo con se indica en la ecuación 2.12.

$$H_T = Hb_T + Hd_T + Hr_T \quad \text{Ec. 2.12}$$

Radiación directa sobre una superficie inclinada (Hb_T)

Se calcula relacionando la radiación directa sobre una superficie horizontal (H_b) con el factor de cambio de ángulo (R_b).

$$Hb_T = Hb * Rb \quad \text{Ec. 2.13}$$

$$Hb_{T-abr} = 1782,28 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

Radiación difusa sobre una superficie inclinada (Hd_T)

Existe variación entre la radiación difusa sobre una superficie inclinada (Hd_T) y la que incide sobre una superficie horizontal (Hd), ya que Hd_T no mira hacia toda la bóveda del cielo que es la fuente de la radiación difusa, se relaciona estos dos términos con el factor R_d con la siguiente ecuación:

$$R_d = \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Quedando la ecuación para la radiación difusa en una superficie inclinada de la siguiente forma:

Ec. 2.15

$$Hd_T = H_d * \left[\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right]$$

$$Hd_{T-abr} = 1753,06 \frac{W.h}{m^2}$$

Radiación reflejada por el suelo (Hr_T)

Cuando el sistema es colocado en el suelo, recibe radiación directa y difusa reflejada por el terreno circundante. Se calcula su valor con la ecuación:

Ec. 2.16

$$Hr_T = \rho * H * \left[\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right]$$

Donde:

ρ = Albedo (anexo 2.9)

$$Hr_{T-abr} = 72,07 \frac{W.h}{m^2}$$

Con los valores calculados de cada componente de la radiación en una superficie inclinada, se reemplaza en la ecuación 2.12 de la radiación total que incide en una superficie inclinada:

$$HT = 3607,40 \frac{W.h}{m^2}$$

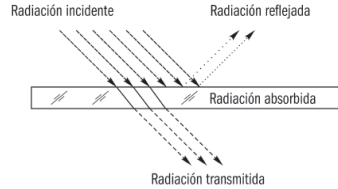
2.8 Cálculo de la energía solar disponible para la transferencia de calor y masa

Para el diseño de un destilador solar se considera la energía solar disponible en el área donde se pondrá en funcionamiento el sistema, teniendo en cuenta los siguientes aspectos que serán fundamentales para el balance de energía.

Después del proceso donde se calcula la energía incidente que llega a la superficie inclinada del destilador (HT); de este valor, una parte es reflejada, otra parte es

absorbida y una final es transmitida en las tres partes principales del destilador: el vidrio (g), el agua (w) y la bandeja colectora (c) como se indica en la figura 2.6.

Figura 2.6 Reflexión, absorción y transmisión de la luz



Fuente: (Berris & Alvarez, 2008, pág. 112)

Donde se lleva a cabo el siguiente proceso:

El destilador solar aprovecha la radiación directa y difusa con el fin de realizar el proceso térmico de transferencia de calor y masa.

$$H = H_b + H_d$$

$$Gs = H_b + H_d \quad \text{Ec. 2.17}$$

$$Gs = 3535,34 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

La radiación al llegar al vidrio sufre reflexión, absorción (anexo 2.11) y transmitancia por lo tanto la radiación que entra al destilador es:

$$G_{rg} = G_s * (1 - \alpha_g) \quad \text{Ec. 2.18}$$

Donde:

α_g = Factor que incluye la reflexión y la absorción de la radiación solar en el vidrio.

$$G_{rg} = 3181,80 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

Posteriormente la radiación que ingresa al destilador choca contra la superficie del agua, aquí parte es reflejada y parte es absorbida y la mayoría llega al fondo de la charola en la

cual parte de la radiación es nuevamente reflejada y la mayor parte es absorbida, siendo esta:

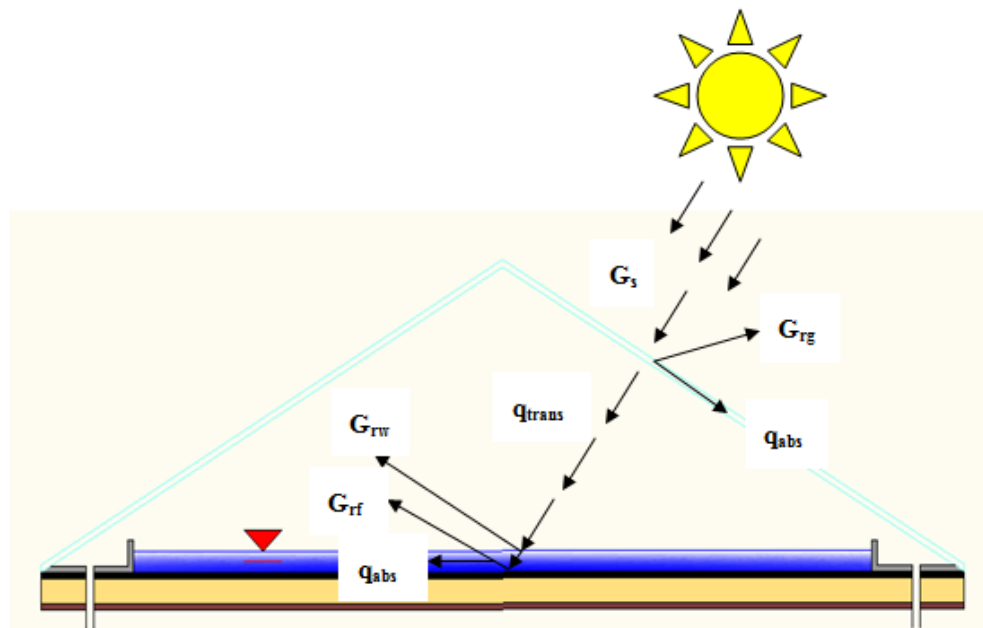
$$G_{rw}, G_{rf} = G_s * (1 - \alpha_g) * (1 - \alpha_a) \quad \text{Ec. 2.19}$$

Donde:

α_a = Factor que incluye la reflexión y absorción por el agua y la reflexión por el fondo del destilador (anexo 2.11).

$$G_{rw}, G_{rf} = 2227,26 \frac{W \cdot h}{m^2}$$

Figura 2.7 Radiación y calor que influye en el funcionamiento de un destilador solar



Fuente: (Rodriguez & Saavedra, 2008, pág. 68)

2.9 Variables y constantes para el cálculo de transferencia de calor

Las constantes y variables utilizadas en el cálculo de las pérdidas por transferencia de calor han sido consultadas de diferentes libros de la materia y de anteriores estudios y proyectos que han sido realizados sobre el tema de la destilación solar. Anexo 2.12.

2.10 Transferencia de calor por conducción (q_c)

El destilador solar de este proyecto está colocado sobre una estructura metálica a una altura que esta distante del suelo, por lo que en esta posición existen perdidas de calor por conducción en la base del destilador como en las paredes del sistema, siendo despreciable esta última por el área de transferencia de calor que es mínima.

El cálculo se enfoca en la base del destilador, donde la transferencia de calor se enfoca en los sistemas unidimensionales a través de una pared plana compuesta y su analogía eléctrica, empleando la siguiente fórmula:

$$q_c = k_b * (T_w - T_a) \quad \text{Ec. 2.20}$$

Donde:

k_b = Resistencia térmica equivalente del aislante $\left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$

T_w = Temperatura del agua $[^\circ C]$

T_a = Temperatura ambiente $[^\circ C]$

Para sacar el valor de q_c , se calcula la resistencia térmica de las paredes del aislante (R_{eq}), en este caso para el acero inoxidable que es la base del colector de agua, la plancha de lana de vidrio que trabaja como aislante para evitar la pérdida de calor y la placa de hierro tol que es la base de la estructura donde se monta el destilador:

$$R_{eq} = \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} \quad \text{Ec. 2.21}$$

Donde:

x_1 = Espesor plancha acero inoxidable [m]

x_2 = Espesor plancha lana de vidrio [m]

x_2 = Espesor plancha hierro tol [m]

k_1 = Coeficiente de conductividad térmica acero inoxidable $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

k_2 = Coeficiente de conductividad térmica lana de vidrio $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

k_3 = Coeficiente de conductividad térmica hierro tol $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]$

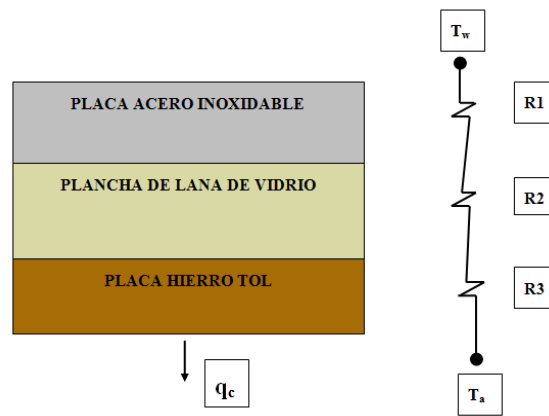


Figura 2.8 Resistencias térmicas conectadas en serie y analogías eléctricas de la base del destilador

Fuente: (Rodríguez & Saavedra, 2008, pág. 54)

$$R_{eq} = \frac{0,003 \text{ m}}{14,9 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{0,051 \text{ m}}{0,049 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]} + \frac{0,002 \text{ m}}{51,9 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]}$$

$$R_{eq} = 1,04 \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$$

Coeficiente de calor convectivo (hct)

Este coeficiente depende de la velocidad del viento y se lo aplica para el cálculo de las pérdidas de calor por convección.

Para velocidades del viento:

$0 \leq v \leq 5 \left[\frac{m}{s} \right]$, la fórmula para calcular el hct es:

$$hct = 5,7 + 3,8 * (v) \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde:

v = Velocidad del viento $\left[\frac{m}{s} \right]$

$$hct = 5,7 + 3,8 * \left(2,5 \frac{m}{s} \right)$$

$$hct = 15,2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Resistencia térmica equivalente del aislante (k_b)

Se calcula con los valores de la resistencia térmica del aislante R_{eq} y del coeficiente convectivo de calor hct .

$$k_b = \frac{1}{R_{eq} + \frac{1}{hct}} \quad \text{Ec. 2.23}$$

Donde:

R_{eq} = Resistencia térmica de las paredes aislantes $\left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right]$

hct = Coeficiente de calor convectivo $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

$$k_b = \frac{1}{1,04 \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right] + \frac{1}{15,2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}}}$$

$$k_b = 0,90 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Con el valor calculado de K_b y el valor de las temperaturas del agua y del ambiente, se procede al cálculo del calor perdido por conducción (q_c):

$$q_c = k_b * (T_w - T_a)$$

$$q_c = 0,90 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right] * (315,95 - 289) [^\circ K]$$

$$q_c = 24,35 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.11 Transferencia de calor por radiación en el vidrio (q_{rg})

El calor perdido por radiación del vidrio (q_{rg}), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$q_{rg} = \varepsilon_v * \sigma * (T_g^4 - T_s^4) \quad \text{Ec. 2.24}$$

Donde:

ε_v = Emisividad del vidrio

σ = Constante de Stefan Boltzman $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

T_g = Temperatura del vidrio [$^\circ K$]

T_s = Temperatura del cielo [$^\circ K$]

Temperatura del cielo

Se calcula la temperatura del cielo, con la siguiente fórmula (Cinemat, 2002):

Ec. 2.25

$$T_s = T_a * \left[0,8 + \frac{T_{dp} - 273}{250} \right]^{0,25}$$

Donde:

T_{dp} = Temperatura de rocío [°K]

T_a = Temperatura ambiente [°K]

Ec. 2.26

$$T_{dp} = \sqrt[8]{\frac{Hr}{100} * (110 + T_a) - 100}$$

Donde:

T_a = Temperatura ambiente [°K]

Hr = Humedad relativa [%]

$$T_{dp} = \sqrt[8]{\frac{63}{100} * (110 + 289) - 100}$$

$$T_{dp} = 276,61 \text{ } ^\circ K$$

Con el valor de T_{dp} , se puede calcular T_s :

$$T_s = 289 * \left[0,8 + \frac{276,61 - 273}{250} \right]^{0,25}$$

$$T_s = 274,54 \text{ [} ^\circ K \text{]}$$

Se procede al cálculo del calor por radiación que se pierde en el vidrio:

$$q_{rg} = \varepsilon_g * \sigma * (T_g^4 - T_s^4)$$

$$q_{rg} = 0,94 * 5,6704 \times 10^{-8} * (307,81^4 - 274,54^4)$$

$$q_{rg} = 175,67 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.12 Calor perdido por convección del vidrio (q_{cg})

El calor que se pierde por transferencia por convección en la cubierta de vidrio del destilador, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$q_{cg} = h_{cv} * (T_g - T_a) \quad \text{Ec. 2.27}$$

Donde:

$$h_{cv} = \text{Coeficiente de transferencia de calor convectivo del vidrio} \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

$$T_g = \text{Temperatura del vidrio} [^\circ K]$$

$$h_{cv} = h_{ct}$$

$$q_{cg} = 15,2 * (307,81 - 289)$$

$$q_{cg} = 285,91 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.13 Calor perdido por radiación del agua (q_{rw})

Para el cálculo de transferencia de calor por radiación entre el agua y la cubierta de vidrio del destilador, el intercambio se lo realiza entre dos superficies paralelas infinitas, donde se utiliza la siguiente ecuación (Incropera & Dewitt, 1999):

El calor que se pierde por radiación entre el agua y el vidrio, se calcula por la ecuación:

$$q_{rw} = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1} * (T_w^4 - T_a^4) \quad \text{Ec. 2.28}$$

Donde:

$$\sigma = \text{Constante de Stefan Bolstzman} \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

ϵ_w = Emisividad del agua

ϵ_g = Emisividad del vidrio

$$q_{rw} = \frac{5,6704 \times 10^{-8}}{\frac{1}{0,97} + \frac{1}{0,94} - 1} * (315,95^4 - 289^4)$$

$$q_{rw} = 54,77 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.14 Calor perdido por convección del agua (q_{cw})

Es el calor sensible del aire dentro del destilador o también el calor que se pierde por convección en el agua y este valor se lo calcula por la siguiente ecuación:

$$q_{cw} = h_T * (T_w - T_g) \quad \text{Ec. 2.29}$$

$$h_T = \text{Coeficiente total de transferencia de calor por convección del agua} \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

$$h_T = h_c + \frac{3}{4} * (h_r) \quad \text{Ec. 2.30}$$

Para llegar a calcular h_T , se debe conocer el valor del coeficiente de radiación efectivo (h_r), que se calcula con siguiente ecuación:

Ec. 2.31

$$h_r = \frac{\varepsilon_b * \sigma * (T_g^4 - T_w^4)}{T_g - T_w}$$

Donde:

ε_b = Emisividad del material de la bandeja colectora del agua a destilar

σ = Constante de Stefan Boltzmann $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$

T_g = Temperatura superficie cubierta de vidrio $[^\circ K]$

T_w = Temperatura del agua $[^\circ K]$

$$h_r = \frac{0,1 * 5,6704 \times 10^{-8} * (308,5^4 - 328^4)}{308,5 - 328}$$

$$h_r = 0,69 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

Mediante convección natural se pierde calor, y este valor es calculado por la ecuación:

Ec. 2.30

$$h_c = 0,884 \left[(T_w - T_g) + \frac{(P_w - P_{wv})}{268,9 \times 10^3 - P_w} * (T_w + 273) \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección entre el agua y la cubierta

$$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

P_w = Presión saturada de vapor de agua a la temperatura del agua $[P_a]$

P_{wv} = Presión saturada de vapor de agua a la temperatura del vidrio $[P_a]$

Las presiones son calculadas mediante la interpolación en base a las temperaturas del agua y del vidrio:

Tabla 2.4 Presiones en base a temperatura y presión de diferentes materiales

	Temperatura (°C)	Presión (KPa)	Presión (Pa)
Agua (w)	42,95	11,131	11131
Vidrio (wv)	34,81	5,684	5687

Fuente: (Cengel & Boles, Termodinamica, 2007, pág. 890)

$$h_c = 0,884 \left[(315,95 - 307,81) + \frac{(11131 - 5687)}{268,9 \times 10^3 - 11131} * (315,95) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = 2,17 \left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

Cuando $h_r < h_c$, se considera utilizar la ecuación 2.30 para calcular el coeficiente total de transferencia de calor por convección del agua:

Ec. 2.31

$$h_T = h_c + \frac{3}{4} * h_r$$

$$h_T = 2,17 + \frac{3}{4} * 0,69$$

$$h_T = 2,69 \left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

Para poder calcular \dot{m}_a , que es la masa de aire transferida por convección libre desde la superficie del agua hasta la cubierta transparente, se reemplaza el valor de h_T , calculado en la ecuación 2.30:

Ec. 2.32

$$\dot{m}_a = \frac{h_T}{Cp_a}$$

Donde:

$$Cp_a = \text{Calor específico del aire} \left[\frac{KJ}{Kg.K} \right]$$

$$\dot{m}_a = \frac{2,69}{1,005}$$

$$\dot{m}_a = 2,68 \left[\frac{Kg}{h.m^2} \right]$$

$$\dot{m}_a = 0,0007 \left[\frac{Kg}{s.m^2} \right]$$

El calor cedido por convección del agua q_{cw} es:

$$q_{cw} = 2,69 * (315,95 - 307,81)$$

$$q_{cw} = 21,86 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.15 Calor perdido por evaporación (q_e)

El destilador solar pierde calor por medio de la evaporación que genera el agua, para calcular el flujo de calor por evaporación se utiliza la siguiente ecuación: se calcula este calor mediante la siguiente ecuación:

$$q_e = h_e * (P_w - P_{wv}) \quad \text{Ec. 2.33}$$

Donde:

$$h_e = \text{Coeficiente de transferencia de calor evaporativo} \left[\frac{W}{m^2.K} \right]$$

$$P_w = \text{Presión saturada de vapor de agua a la temperatura del agua} [P_a]$$

$$P_{wg} = \text{Presión saturada de vapor de agua a la temperatura del vidrio} [P_a]$$

Para llegar a la fórmula del calor perdido por evaporación (q_e), se debe tener en cuenta las siguientes ecuaciones:

De la ecuación 2.32, la masa de aire transferida por convección libre desde la superficie del agua hasta la cubierta queda de la siguiente forma:

$$\dot{m}_a = \frac{h_T}{C_{pa}} = \frac{q_{e,w-g}}{C_{pa} * (T_w - T_g)} = \frac{h_{e,w-g}}{C_{pa}}$$

Asumiendo que el aire cuando esta cerca de la superficie del agua, se encuentra saturado, la masa de agua (humedad específica) por masa de aire seco se la puede encontrar con la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_w = \left(\frac{M_w}{M_a} \right) * \frac{P_w}{P_T - P_w} * \dot{m}_a \quad \text{Ec. 2.34}$$

Donde:

\dot{m}_w = Masa de agua transportada desde la superficie del agua hasta la cubierta [**kg**]

M_w = Peso molecular del agua $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kg.mol}} \right]$

M_a = Peso molecular del aire $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kg.mol}} \right]$

P_w = Presión de vapor del agua a la temperatura de la superficie del agua [**Pa**]

P_T = Presión total o atmosférica [**Pa**]

$$\dot{m}_w = \left(\frac{18,015}{28,97} \right) * \frac{11131}{101325 - 11131} * 2,67$$

$$\dot{m}_w = 0,38 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Siendo \dot{m}_w , el flujo de vapor que sale de la superficie del agua junto con el aire.

La masa de vapor de agua que se condensa sobre el vidrio \dot{m}_w' o sea el agua transportada desde la cubierta hasta la superficie del agua, se lo hace mediante la ecuación:

$$\dot{m}_w' = \left(\frac{M_w}{M_a} \right) * \frac{P_g}{P_T - P_g} * \dot{m}_a \quad \text{Ec. 2.35}$$

Donde:

P_g = Presión de vapor del agua a la temperatura de la superficie del vidrio [Pa]

$$\dot{m}_w' = \left(\frac{18,015}{28,97} \right) * \frac{5687}{101325 - 5687} * 2,67$$

$$\dot{m}_w' = 0,099 \left[\frac{Kg}{h} \right]$$

Para calcular la masa neta de agua que es transportada desde la superficie de agua hasta la cubierta transparente, se resta las ecuaciones 2.34 y 2.35, quedando la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_e = \left(\frac{M_w}{M_a} \right) * \dot{m}_a * \left(\frac{P_w}{P_T - P_w} - \frac{P_g}{P_T - P_g} \right) \quad \text{Ec. 2.36}$$

Para conocer el flujo de calor por evaporación entre el agua y la cubierta transparente, se utiliza la ecuación siguiente:

$$q_e = \dot{m}_e * h_{fg} \quad \text{Ec. 2.37}$$

Donde:

h_{fg} = Entalpia de vaporización del agua $\frac{KJ}{Kg}$

La ecuación que calcula h_{fg} en base a la temperatura es la siguiente:

$$h_{fg} = 2,4935 \times 10^6 * (1 - 9,4779 \times 10^{-4} T + 1,3132 \times 10^{-7} T^2 - 4,7974 \times 10^{-9} T^3) \quad \text{Ec. 2.38}$$

Donde:

T = Temperatura media del aire húmedo [$^{\circ}K$]

Para calcular T, se utiliza la siguiente ecuación:

$$T = \frac{T_w + T_g}{2} \quad \text{Ec. 2.39}$$

$$T = \frac{315,95 + 307,81}{2}$$

$$T = 311,88^{\circ}K$$

$$h_{fg} = 2,4935 \times 10^6 * [1 - 9,4779 \times 10^{-4} * (311,88) + 1,3132 \times 10^{-7} * (311,88)^2 - 4,7974 \times 10^{-9} * (311,88)^3]$$

$$h_{fg} = 1,43 \times 10^6 \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

Sustituyendo la ecuación 2.36 en la ecuación 2.37, nos queda:

$$q_e = \left(\frac{M_w}{M_a} \right) * \dot{m}_a * \left(\frac{P_w}{P_T - P_w} - \frac{P_g}{P_T - P_g} \right) * h_{fg} \quad \text{Ec. 2.40}$$

Igualando las ecuaciones 2.33 con 2.40 y sabiendo que h_e es el coeficiente de transferencia de calor por evaporación en base a una diferencia de presiones, se llega a la siguiente ecuación:

$$\frac{h_e}{h_c} = \left(\frac{M_w * P_T * h_{fg}}{M_a * C_{pa} * (P_T - P_w) * (P_T - P_g)} \right) \quad \text{Ec. 2.41}$$

Evaluando la ecuación a una temperatura promedio, Dunkle accede a la siguiente ecuación:

$$h_e = 0,016273 * (h_T) \quad \text{Ec. 2.42}$$

Igualando las ecuaciones 2.37 y 2.43, tenemos:

$$\dot{m}_e = \frac{0,016273 * (h_T) * (P_w - P_{wg})}{h_{fg}} \quad \text{Ec. 2.43}$$

El destilado producido es:

$$\dot{m}_e = \frac{0,016273 * (2,69) * (11131 - 5587)}{1,43 \times 10^6} \quad \text{Ec. 2.44}$$

$$\dot{m}_e = 0,0002 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_e = 0,81 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

El calor cedido por evaporación entre la superficie del agua y la cubierta es:

$$q_e = 0,016273 * (2,69) * (11131 - 5687)$$

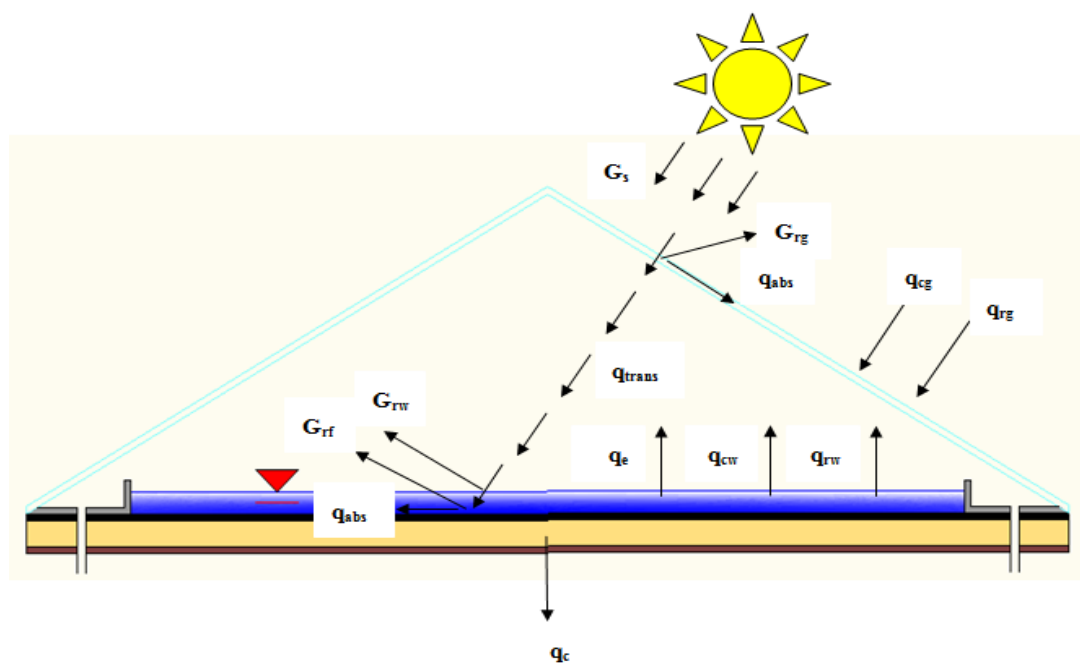
$$q_e = 237,95 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

2.16 Balance de energía y masa en el sistema destilador

En un sistema en equilibrio se aplica la ecuación de balance de energía y masa, donde la energía almacenada es igual a la diferencia de las energías que entran y salen del sistema (ley de la conservación de la energía), aprovechando la cantidad de calor que se utiliza para realizar el proceso de destilación y los cambio de energía del fluido de trabajo. Se evalúa el calor almacenado en la cubierta y en el agua contenida en la bandeja colectora

$$E_{almacenada} = E_{entrada} - E_{salida} \quad \text{Ec. 2.45}$$

Figura 2.9 Balance de energía en un destilador solar

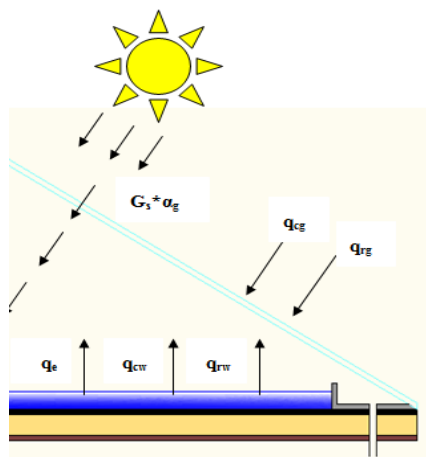


Fuente: (Rodríguez & Saavedra, 2008, pág. 68)

Balance de energía en la cubierta de vidrio

El calor almacenado en la cubierta de vidrio (q_c'), es el producto de energías internas y externas que se producen en la cubierta de vidrio del destilador. En la figura se indica cómo actúa cada una de ellas y se las plasma en la ecuación del balance térmico.

Figura 2.10 Balance de energía en la cubierta de vidrio del destilador solar



Fuente: (Rodríguez & Saavedra, 2008, pág. 66)

El balance de energía, es decir el calor almacenado en la cubierta de vidrio, se describe en la siguiente ecuación:

$$qc' = q_{rw} + q_{cw} + q_e + (\alpha_g * G_s) - (q_{rg} + q_{cg}) \quad \text{Ec. 2.46}$$

$$qc' = 54,77 + 21,86 + 237,95 + (0,1 * 687,81) - (175,67 + 51,21)$$

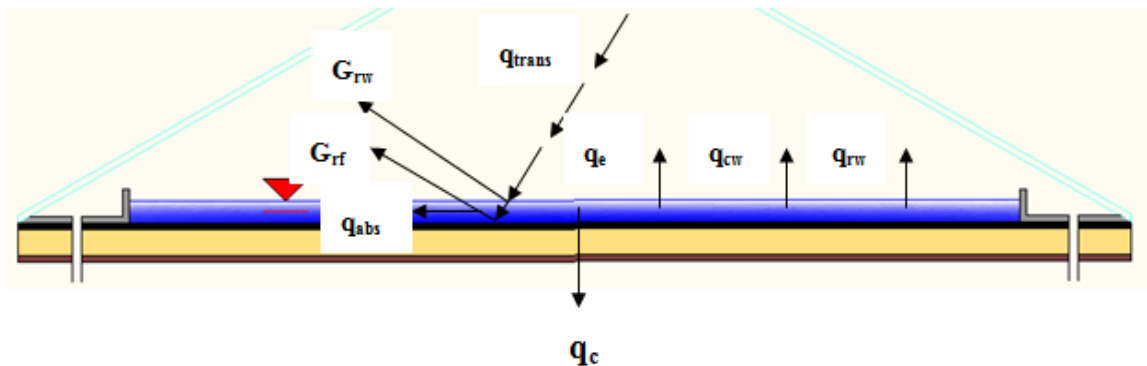
$$qc' = 156,48 \frac{W}{m^2}$$

Balance de energía en la superficie de agua

El calor almacenado en el interior del sistema (q_w'), es el producto de energías internas y externas que se producen en la superficie del agua. En la figura se indica cómo actúa cada una de ellas y se las plasma en la ecuación del balance térmico.

$$E_{almacenada} = E_{entrada} - E_{salida}$$

Figura 2.11 Balance de energía en la superficie del agua



Fuente: (Rodríguez & Saavedra, 2008, pág. 67)

El balance de energía en el agua como calor absorbido y almacenado en el interior del destilador, se describe en la siguiente ecuación:

$$qw' = G_s * (1 - \alpha_g) * (1 - \alpha_a) - (q_{cw} + q_e + q_{rw} + q_c) \quad \text{Ec. 2.46}$$

$$qw' = 687,81 * (1 - 0,1) * (1 - 0,3) - (21,86 + 237,95 + 54,77 + 24,35)$$

$$qw' = 94,40 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Balance de energía en el sistema

El balance general de energía y masa en todo el sistema, es el producto de los balances de energía de las partes del destilador donde se produce intercambio de calor (vidrio y agua), teniendo como resultado la evaluación del principio de la conservación de energía del sistema como conjunto, que se muestra en la figura 2.9.

$$E_{almacenada} = E_{entrada} - E_{salida}$$

$$(q'c + q'w) = G_s * (1 - \alpha_g) * (1 - \alpha_a) + \alpha_g * G_s - (q_{cg} + q_{rg} + q_c) \quad \text{Ec. 2.47}$$

El calor almacenado por unidad de área, corresponde a la energía que absorbe el destilador y está basado en la siguiente ecuación:

$$q_T = q'c + q'w \quad \text{Ec. 2.48}$$

$$q_T = 156,48 + 94,40$$

$$q_T = 250,88 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Para expresar q_T en función del área del colector solar, se tiene que la capacidad de calor almacenada por el dispositivo es:

$$Q_T = q_T * A \quad \text{Ec. 2.49}$$

Donde:

Q_T = Calor absorbido por el sistema [W]

A = Área de captación de la energía solar [m^2]

El área del colector solar según el volumen de destilación que es de 3 a 4 a litros por metro cuadrado queda de la siguiente manera:

$$A = b * h \quad \text{Ec. 2.50}$$

$$A = (1,34 * 0,75)[m^2]$$

$$A = 1,01 m^2$$

El calor absorbido en función del área del colector es:

$$Q_T = 250,88 * 1,01$$

$$Q_T = 253,39 W$$

2.17 Calor que absorbe el sistema (Q_s)

El destilador solar necesita cierta cantidad de calor para su funcionamiento, la cubierta de vidrio y el agua alcanzan cierta temperatura mediante la absorción de calor, mediante la siguiente ecuación se calcula el valor de Q_s .

$$Q_s = Q_g + Q_{c_w} + Q_{ev} \quad \text{Ec. 2.51}$$

Calor que absorbe la cubierta de vidrio (Q_g)

Es el calor que necesita la cubierta de vidrio para aumentar la temperatura del mismo y por lo tanto lograr incremento en la temperatura del sistema.

$$Q_g = m_g * C_{pg} * \Delta T \quad \text{Ec. 2.52}$$

Donde:

m_g = Masa de vidrio [kg]

C_{pg} = Calor específico del vidrio $\left[\frac{J}{Kg \cdot ^\circ K} \right]$

ΔT = Variación de temperatura en el vidrio [$^\circ K$]

Antes de realizar el cálculo de Q_g , se debe sacar el valor de m_g con la siguiente fórmula:

$$m_g = \rho_g * A_g * E_g \quad \text{Ec. 2.53}$$

Donde:

ρ_g = Densidad de vidrio $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

A_g = Área del vidrio o área de captación de la energía solar [m^2]

E_g = Espesor del vidrio [m]

$$m_g = 2700 * 1,01 * 0,003$$

$$m_g = 8,20 [Kg]$$

Con el valor de m_g , se puede calcular Q_g :

$$Q_g = 8,20 * 800 * (T_g - T_a)$$

$$Q_g = 8,20 * 800 * 18,81$$

$$Q_g = 123393 J$$

$$Q_g = 34,28 W.h$$

$$Q_g = 6,67 W$$

Calor que absorbe el agua para calentarse (Q_{c_w})

El agua necesita incrementar su temperatura con el fin de empezar el proceso de evaporación, se calcula el calor que absorbe el agua con la siguiente ecuación:

$$Q_{c_w} = m_w * C_{p_w} * \Delta T \quad \text{Ec. 2.54}$$

Donde:

m_w = Masa del agua en la bandeja colectora [kg]

C_{p_w} = Calor específico del agua $\left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right]$

ΔT = Variación de temperatura en el agua [$^\circ K$]

Antes de realizar el cálculo de Q_{c_w} , se debe sacar el valor de m_w con la siguiente fórmula:

$$m_w = \rho_w * V_w \quad \text{Ec. 2.55}$$

Donde:

ρ_w = Densidad del agua $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

V_w = Volumen de agua en la bandeja colectora [m^3]

$$m_w = 1000 * 0,012$$

$$m_w = 12 \text{ kg}$$

Con el valor de m_w , se puede calcular Q_{c_w} :

$$Q_{c_w} = 12 * 4220 * 26,95$$

$$Q_{c_w} = 1,36 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q_{c_w} = 379,10 \text{ W.h}$$

$$Q_{c_w} = 73,55 \text{ W}$$

Calor que absorbe el agua para evaporarse (Q_{ev})

Para que el agua empiece el proceso de evaporación, es necesario que exista un cambio de fase (liquido-gaseoso), mediante un incremento de temperatura, se calcula el calor que se necesita para iniciar esta etapa.

$$Q_{ev} = m_{ev} * \lambda \quad \text{Ec. 2.56}$$

Donde:

m_{ev} = Masa evaporada o condensado recolectado por el sistema [Kg]

Ya que no toda la cantidad de agua que se encuentra en la bandeja se evapora, se debe calcular el porcentaje aproximado de agua, dividiendo la cantidad de agua promedio obtenida en el sistema sobre la cantidad de agua adicionada.

$$x = \frac{m_{ev}}{m_w} \quad \text{Ec. 2.57}$$

Donde:

x = Fracción de agua evaporada en el sistema.

Datos para este cálculo anexo 2.16:

$$x = \frac{\text{Volumen de destilado recolectado}}{\text{Volumen de agua adicionada}}$$

$$x = \frac{1,84}{10}$$

$$x = 0,18$$

$$Q_{ev} = x * m_w * \lambda \quad \text{Ec. 2.58}$$

$$Q_{ev} = 0,18 * 10 * 2385,66$$

$$Q_{ev} = 4294,19 \text{ KJ}$$

$$Q_{ev} = 1192,83 \text{ W.h}$$

$$Q_{ev} = 232,07 \text{ W}$$

Calculados los valores de calor absorbido tanto en la cubierta de vidrio como en el agua, se procede a calcular el valor del calor que necesita el sistema en general:

$$Q_s = 6,67 + 73,75 + 232,07$$

$$Q_s = 312,49 \text{ W}$$

Pérdidas de calor en el sistema

Las pérdidas de calor se determinan mediante el análisis por transferencia de calor de paredes planas compuestas, en el caso del destilador solar se hace el análisis en la parte

inferior de la bandeja, las paredes de la misma por tener dimensiones mínimas, no se las tomara en cuenta para el cálculo de las pérdidas.

$$Q_p = U * A * \Delta T \quad \text{Ec. 2.59}$$

Donde:

Q_p = Calor perdido [W]

U = Coeficiente global de transferencia de calor $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

ΔT = Variación de temperatura [$^{\circ}K$]

Se calcula primero U con la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{K_{eq} * A} \quad \text{Ec. 2.60}$$

$$U = \frac{1}{0,90 * 1,01}$$

$$U = 1,10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$Q_p = 1,10 * 1,01 * 19,5$$

$$Q_p = 21,58 \text{ W}$$

2.18 Eficiencia teórica

La eficiencia teórica de un destilador solar nos ayuda a saber que tan productivo nos resulta el sistema en base a los valores teóricos que se han calculado en el diseño.

$$\eta = \frac{Q_s - Q_p}{G_s} \quad \text{Ec. 2.58}$$

$$\eta = \frac{312,4 - 21,58}{687,81 * 1,01} \quad \text{Ec. 2.59}$$

$$\eta = 0,31 \approx 31\%$$

2.19 Caudal teórico de producción del destilador solar (M_e)

Teóricamente el sistema produce una cierta cantidad de destilado que depende de la cantidad de calor almacenado por el dispositivo (QT), en estudios ya realizados se ha demostrado que el área de incidencia de aproximadamente 1 m^2 en un día soleado produce de 3 a 4 litros por día de agua destilada.

Se analiza entonces si el área de 1 m^2 justifica el objetivo de producción, se utiliza la siguiente ecuación para el caso:

$$M_e = \frac{QT}{\lambda} \quad \text{Ec. 2.60}$$

Donde:

M_e = Cantidad de agua destilada producida por el sistema $\left[\frac{kg}{h}\right]$

Q_T = Cantidad de calor almacenado por el sistema $[W]$

λ = Calor latente de vaporización del agua $\left[\frac{KJ}{kg}\right]$

$$M_e = \frac{253,39}{2385,66}$$

$$M_e = 0,11 \left[\frac{Kg}{h} \right]$$

$$M_e = 0,11 * 7$$

$$M_e = 0,75 \text{ Kg}$$

En 7 horas de trabajo del destilador solar produce una cantidad de destilador de 0,75 Kg, en un área de incidencia de 1 m².

2.20 Flujos de energía y exergía en un destilador solar

La eficiencia y pérdidas en un sistema como el destilador solar, tienen que ver directamente con el análisis termodinámico del mismo, debido a las irreversibilidades que sufren los procesos que ocurren en el sistema.

“En la actualidad es de vital importancia optimizar la utilización de los recursos energéticos, por ello se habla de conservar la energía; sin embargo sabemos que la energía siempre se conserva, lo que no se conserva es el potencial de trabajo útil de la energía. Por ello existe una propiedad que nos permite conocer el potencial de trabajo de una fuente; es decir la cantidad de energía que podemos extraer como trabajo útil, esta propiedad se conoce como exergía o disponibilidad.” (Beltrán, 2010)

Para calcular el balance de exergía de un destilador solar, es necesario conocer las temperaturas del agua, de la bandeja colectora de agua a destilar y de la cubierta de vidrio.

Para el diseño de sistemas óptimos tanto técnica como económicamente en procesos reales, se requiere minimizar la producción de entropía.

La entropía es una magnitud termodinámica que determina la parte de la energía de un sistema que no puede emplearse en la realización de trabajo. La exergía en cambio indica la parte de la energía que puede emplearse en la realización de trabajo. Estos conceptos indican que si tenemos una fuente de energía, no toda la energía disponible se puede convertir en trabajo.

Primera y segunda ley de la termodinámica

En combinación con la primera ley de la termodinámica, pronostica la dirección que siguen los procesos naturales y las situaciones de equilibrio. A partir de la segunda ley de la termodinámica se establece la imposibilidad de convertir totalmente una cantidad de calor (energía de baja calidad) en trabajo (energía de máxima calidad).

Flujos de exergía transportados por radiación (B_s)

Para el autor polaco Petela, R. (1964), los flujos de exergía que se transmiten por radiación, tomando en consideración al sol como un cuerpo negro que contiene a B_s en su radiación isotrópica, se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$B_s = G_s * \left[1 + \frac{1}{3} * \left(\frac{T_a}{T_s} \right)^4 - \frac{4T_a}{3T_s} \right] \quad \text{Ec. 2.61}$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie del sol [K]

G_s = Radiación solar incidente [W/m^2]

$$B_s = 687,81 * \left[1 + \frac{1}{3} * \left(\frac{351}{5778} \right)^4 - \frac{4 * (289)}{3 * (5778)} \right]$$

$$B_s = 641,19 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

$$B_s = 647,60 \text{ [W]}$$

Flujos de exergía que no son transportados por radiación (B)

La exergía que está asociada con una interacción de calor que no sea la radiación se expresa de la siguiente forma:

$$B = q * \left[1 - \left(\frac{T_a}{T} \right) \right] \quad \text{Ec. 2.62}$$

Donde:

q = Flujo de calor [W]

T = Temperatura del sistema [K]

$$B = 312,49 * \left[1 - \left(\frac{16}{32,23} \right) \right]$$

$$B = 157,36[W]$$

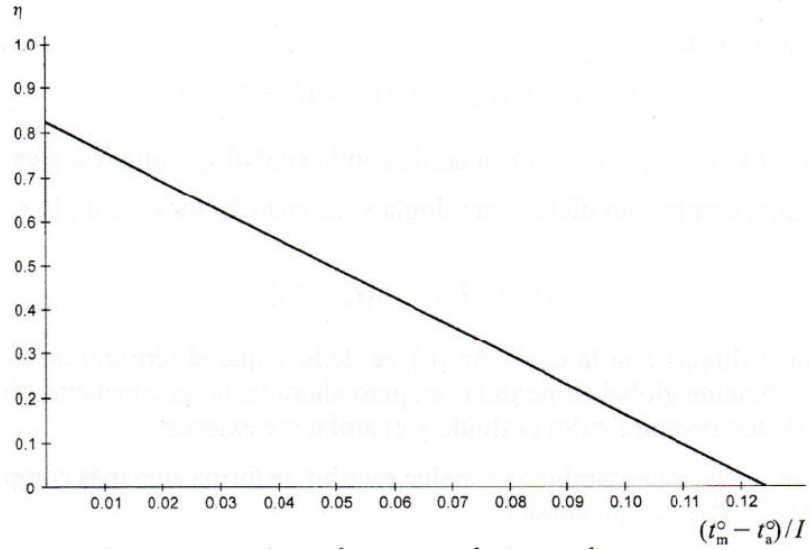
Para calcular la exergía térmica, se toma como referencia la temperatura del medio ambiente T_a . Los flujos de calor se calculan según las relaciones de Dunkle (Malik, Tiwari, Kumar, & M.S., 1982, pág. 87), para definir las eficiencias energéticas (primera ley) y de la exergía (segunda ley) para el colector y el agua.

2.21 Eficiencias energéticas

Los captadores se ensayan generalmente siguiendo un procedimiento que consiste en hacerlos funcionar en un banco de pruebas bajo condiciones estables de radiación solar, velocidad del viento, temperatura del fluido a la entrada y temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos en los ensayos se ofrecen como índice de la eficacia del captador η , definida por la relación entre la energía captada y la recibida en un instante dado, se obtiene la curva característica de un captador plano, para el rendimiento instantáneo (CENSOLAR, 2010):

Figura 2.12 Curva característica de un colector plano de tipo medio



(CENSOLAR, 2010, pág. 4(3.1.3))

Eficiencia energética en la bandeja colectora de agua a destilar (η_{bc})

La eficiencia que proporciona la bandeja colectora se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\eta_{bc} = \frac{q_w}{G} \quad \text{Ec. 2.63}$$

Donde:

q_w o Qc_w = Calor que cede el colector al agua [W]

$$\eta_{bc} = \frac{73,75}{687,81} * 100\%$$

$$\eta_{bc} = 10,72\%$$

La disponibilidad energética existente en la bandeja colectora del destilador solar alcanza un 10,72%, la eficiencia real de todo el sistema incluidas las pérdidas llega a una

valor del 31%, el potencial de trabajo útil de esta energía solo en la bandeja colectora tiene un porcentaje que ayuda a calentar y evaporar el agua en un cierto tiempo, suficiente para producir agua destilada que se requiere para llegar al objetivo descrito.

El tema requiere de un estudio más profundo que implica el desarrollo de un nuevo proyecto.

2.22 Dimensiones y propiedades de los materiales seleccionados para la construcción del destilador solar

Para el diseño del destilador solar se dimensionan las partes principales del sistema en base a tablas, ecuaciones, tipo de materiales dependiendo la aplicación y análisis de resistencia de materiales.

Colector o bandeja colectora

La selección del tipo de material a utilizarse en la construcción de la bandeja colectora se lo hace en base a la aplicación que se requiera, el acero inoxidable para uso alimenticio (AISI 304) es ideal para el caso de contener agua para un proceso de purificación, las propiedades y características más detalladas acerca de este material se las puede verificar en el anexo 2.13 (catalogo IBCA).

La dimensión del área de incidencia para un prototipo de destilador solar, está basado en estudios anteriores (Nandwani, 2013), donde para la producción de 3 a 5 litros de agua destilada se necesita un área de 1 m² aproximadamente:

Tabla 2.5 Medidas de la bandeja colectora

Dimensiones de la bandeja colectora	
Longitud (m)	1,34
Ancho (m)	0,75
Área (m²)	1,00

Elaborado por: Carolina Flores

El espesor de la lámina de acero inoxidable 304 utilizada para la construcción de la bandeja colectora, en donde se calcula la carga (P) en base a la masa del agua (m_w), para luego calcular el momento máximo simulado en una viga simplemente apoyada con una carga distribuida, mostrada en la figura 2.12:

$$P = m_w * g \quad \text{Ec. 2.56}$$

Donde:

$$g = \text{Gravedad} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$m_w = \text{Masa del agua} [Kg]$$

Para calcular la masa del agua, se utiliza la siguiente formulación:

$$m_w = \rho_w * V \quad \text{Ec. 2.57}$$

Donde:

$$\rho_w = \text{Densidad del agua} \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$V_{iw} = \text{Volumen inicial de agua} [m^3]$$

$$m_w = 1000 * 0,02$$

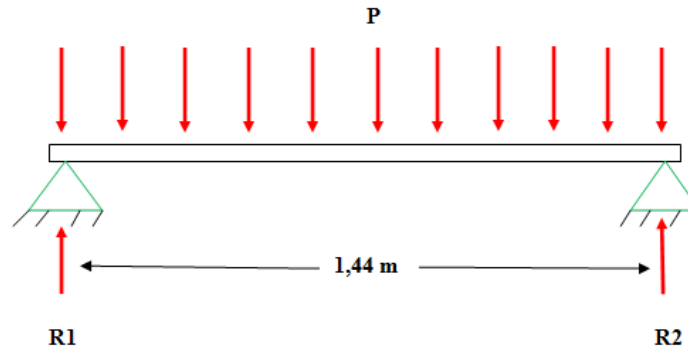
$$m_w = 20 \text{ kg}$$

Con el valor de m_w , se procede al cálculo de la carga (P):

$$P = 20 * 9,8$$

$$P = 196 \text{ N}$$

Figura 2.13 Viga simple apoyada con carga distribuida



Elaborado por: Carolina Flores

Se calcula el valor del momento máximo con la siguiente ecuación:

$$M_{max} = P * d \quad \text{Ec. 2.58}$$

Donde:

M_{max} = Momento máximo [$N \cdot m$]

d = Distancia [m]

$$M_{max} = 196 * 0,72$$

$$M_{max} = 141,12 \text{ [N.m]}$$

Para proceder al cálculo del espesor de la lámina, utilizamos la ecuación del esfuerzo máximo permisible (σ_{max}) como viene a continuación (Cuaran, 2013):

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{b * \frac{h^2}{6}} \quad \text{Ec. 2.59}$$

$$h = \frac{6 * M_{max}}{b * \sigma_{max}} \quad \text{Ec. 2.60}$$

Donde:

h = Espesor [mm]

b = distancia [m]

σ_{max} = Esfuerzo máximo permisible o límite de fatiga (anexo 2.12) [MPa]

$$h = \frac{6 * 141,12}{1,44 * 241}$$

$$h = 1,56 \text{ mm} \approx 1,5 \text{ mm}$$

Por cuestión de costos y por disponer de retazos con medidas acordes a las necesidades de los cálculos, se cambia los espesores a los siguientes valores:

Tabla 2.6 Medidas y tipos de material para las diferentes partes del destilador solar

Partes del destilador	Material	Espesor (mm)
Bandeja colectora	Acero inoxidable 304	1
Base soporte de lana de vidrio	Tol galvanizado ASTM A653	1,4

Elaborado por: Carolina Flores

Cubierta

El material de la cubierta del destilador se selecciona en base a los siguientes parámetros:

- Provocar el efecto invernadero y reducir al mismo tiempo las perdidas por convección, mejorando así el rendimiento del captador.
- Asegurar la estanqueidad del captador al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas.

El efecto invernadero, que ha sido anteriormente descrito, nos define las cualidades físicas que debe tener una buena cubierta:

- Poseer un alto coeficiente de transmisión de la radiación solar en la banda de 0,3 μm a 3 μm . Dicho coeficiente debe conservarse con el paso de los años, a pesar de los efectos del sol y la intemperie, lo que no siempre se cumple en la mayoría de los materiales plásticos corrientes.
- Tener, por el contrario, un coeficiente de transmisión para las ondas largas (emitidas por el absorbedor), superiores a 3 μm .
- Tener un coeficiente de conductividad térmica bajo, que dificulte el paso del calor de la superficie interior (de la cubierta) hacia la exterior, para minimizar las pérdidas y mejorar así el rendimiento del captador.
- La cara interior debe tener un alto coeficiente de reflexión para la longitud de onda larga de la radiación emitida por el absorbedor, a fin de que la misma rebote en dicha cara y retorne de nuevo a este.
- No ha de mantener la suciedad adherida a la superficie exterior para que la lluvia resbale fácilmente, asegurando un lavado eficaz, sin hacer precisa la limpieza manual, salvo en casos excepcionales o en zonas polvorientas y secas.

Analizando las características del vidrio y del plástico, el material seleccionado para la cubierta es el vidrio.

Se debe elegir los vidrios recocidos o templados, ya que sus propiedades ópticas no se deterioran en dichos procesos y, en cambio, sus propiedades mecánicas mejoran notablemente, en este caso se utiliza vidrio recocido (sódico-cálcico) por que cumple los requerimientos necesarios de reflexión, absorción y transmisividad.

La transmisión energética esta función del espesor, del ángulo de incidencia y del tipo de vidrio.

El coeficiente de transmisión energética o transmitancia del vidrio (τ), es el cociente entre la energía que lo atraviesa y la que incide sobre él.

$$\tau = \frac{\text{Energía que atraviesa el vidrio}}{\text{Energía incidente sobre el vidrio}} \quad \text{Ec. 2.61}$$

$$\text{Energía que atraviesa el vidrio } (G_{rg}) = 3181 \left[\frac{W \cdot h}{m^2} \right] \text{ (Anexo 2.1.9)}$$

$$\text{Energía incidente sobre el vidrio } (HT) = 3607 \left[\frac{W \cdot h}{m^2} \right] \text{ (Anexo 2.1.8)}$$

La transmitancia del vidrio será siempre menor que la unidad.

$$\tau = 0,882$$

$$\tau = 88\%$$

Tabla 2.7 Coeficiente de transmisión energética (%) en función del ángulo de incidencia del haz de rayos con la normal a la superficie del vidrio

Espesor (mm)	Transmitancia (%)					
	0°	15°	30°	45°	60°	75°
3	86	86	86	84	77	54
4	85	84.5	84	82	75	54
5	83	83	82.5	80	73.5	51
6	81,5	81	81	78.5	72	50

Fuente: (CENSOLAR, 2010, pág. 6(3.1.2))

Según la tabla 2.4, el espesor del vidrio a seleccionar es de 3mm.

Se dispone también de una fórmula para calcular el grosor mínimo recomendado, e, en milímetros, que debe tener el vidrio de la cubierta de un captador para asegurar su resistencia mecánica frente a la acción del viento, es la siguiente:

$$e = k * (S * p)^{0.5} \quad \text{Ec. 2.62}$$

Donde:

$$k = 0,09 \text{ (vidrio templado)}$$

$k = 0,12$ (vidrio común)

S = Superficie del vidrio m^2

p = Presión normal máxima del viento que debe resistir $[Pa]$

$p_{min} = 1500$ Pa

$e = 0,12 * (0.54 * 1500)^{0.5}$

$e = 3,42 \approx 3mm$

Aislamiento

Para evitar las pérdidas caloríficas, se utiliza un elemento que es fundamental en los sistemas que utilizan energía solar, para el caso de este proyecto se ha seleccionado lana de virio, ya que dispone de ciertas características necesarias para el equipo. Por la geometría del destilador solar y por la altura de las paredes que son mínimas en la bandeja colectora, se coloca la lana de vidrio únicamente en la parte inferior del colector, ya que es el área de incidencia solar y donde se debe evitar la mayor parte de pérdidas de calor, justamente porque es la zona donde empieza el calentamiento del agua.

Dentro de las características de este material se encuentran:

- Comportamiento con la temperatura, resistente a altas temperaturas sin deteriorarse.
- Desprendimiento de vapores, ya que puede producir contaminación del agua o condensación en el vidrio.
- Envejecimiento, tener una vida útil dependiendo del trabajo del equipo.
- Humedad, evitar que se humedezca por la condensación existente en el interior del destilador. La lana de vidrio pierde gran parte de sus cualidades aislantes mientras está impregnada de humedad. (CENSOLAR, 2010, pág. 6(3.1.2))

- Anexo 2.13.

El espesor del aislante (lana de vidrio), se determina mediante la siguiente ecuación (Cuarán & Tinillo, 2013, pág. 85):

$$e = e_{ref} * \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \quad \text{Ec. 2.63}$$

Donde:

e_{ref} = Espesor referencial mínimo del aislamiento [mm] (anexo 2.14)

λ = Conductividad térmica del material $\left[\frac{W}{m^2.K} \right]$

λ_{ref} = Conductividad térmica referencial del material $\left[\frac{W}{m^2.K} \right]$ (anexo 2.14)

$$e = 30 * \frac{0.05}{0.04}$$

$$e = 37,5 \text{ mm}$$

El espesor disponible en el mercado local es de 50mm.

Materiales utilizados en la construcción del destilador solar

La selección de los materiales que se utilizaron para la construcción del sistema de destilador solar (tabla 2.8), se lo hace en base a la disponibilidad en el mercado local, costo de los mismo, reciclaje de algunos materiales, resistencia a la corrosión y aptos para aplicación alimenticia, resistencia para el peso que debe soportar y sobre todo que cumplan con las características necesarias para la aplicación del proyecto.

Tabla 2.8 Materiales utilizados en la construcción del destilador solar

Parte del destilador	Material	Norma	Dimensiones (mm.)
Estructura base	Tubo cuadrado de hierro	SAE 1010	38 x 2

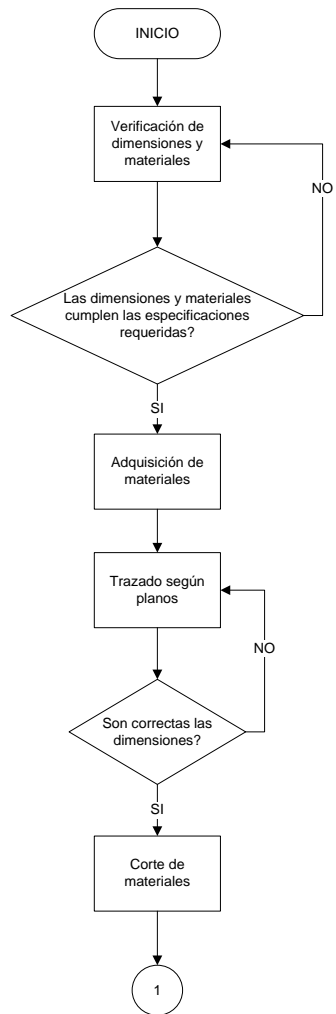
Estructura soporte vidrio	Ángulo de hierro	SAE 1010	20 x 2
	Platina de hierro	SAE 1010	25 x 3
	Placa de vidrio común		3
Canaleta recolectora	Angulo de acero inoxidable	AISI 304	25 x 3
Bandeja colectora	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	1
Tol de soporte	Plancha tol galvanizado	SAE 1010	1.4
Seguros de cierre	Acero al carbono redondo	SAE 1018	15
Soporte cubierta- base	Platina	SAE 1010	30 x 3

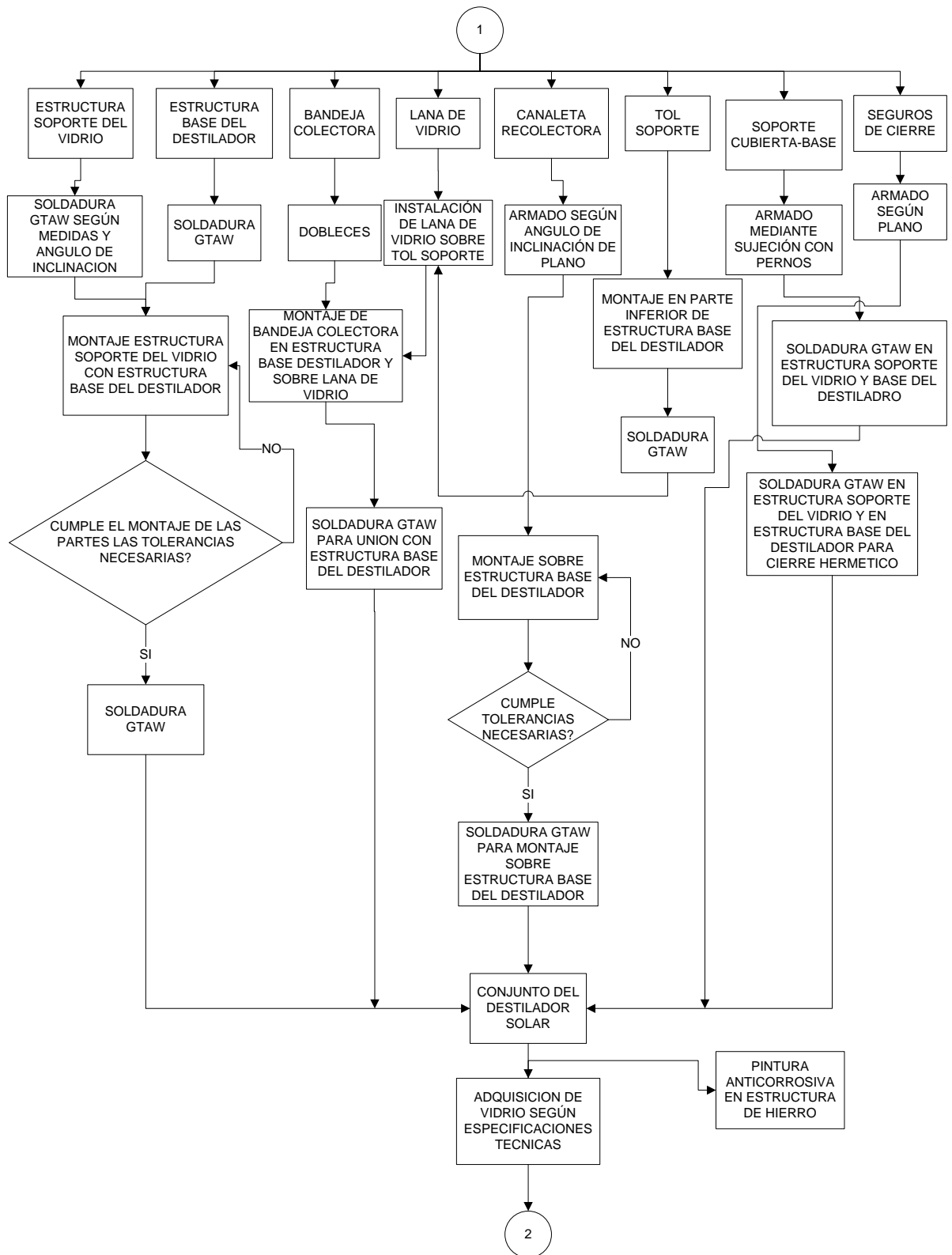
Elaborado por: Carolina Flores

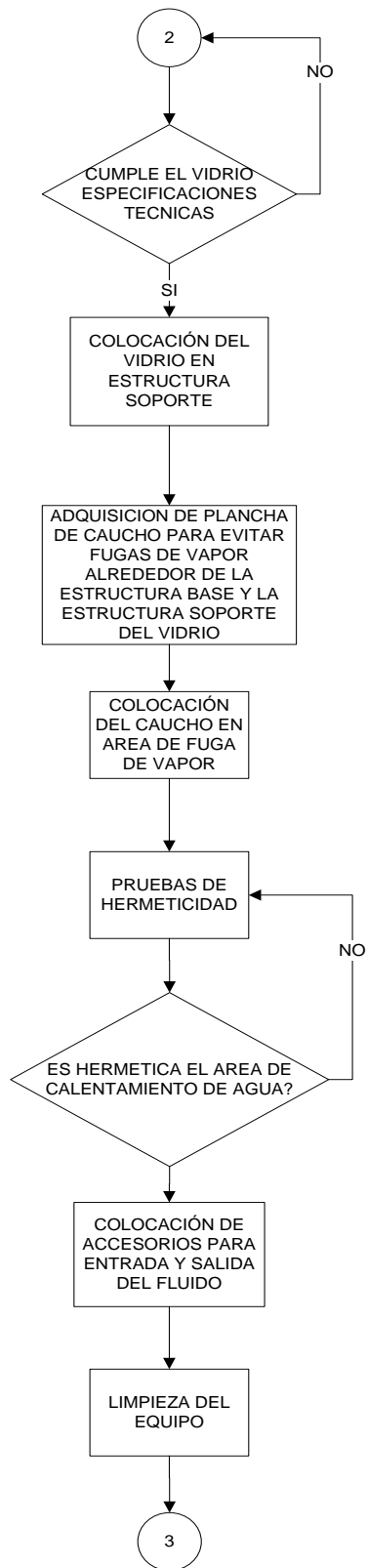
Proceso de fabricación del destilador solar

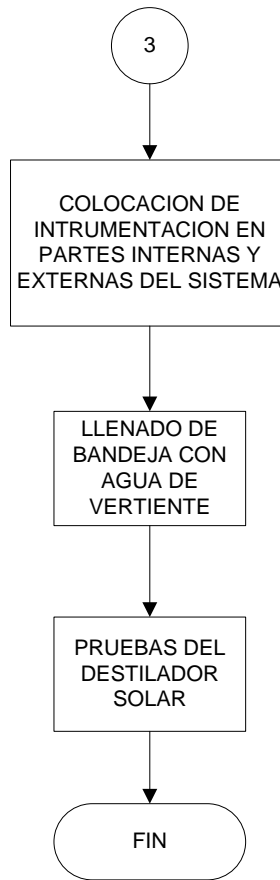
Se resume la fabricación del sistema en un diagrama de procesos que se puede ver a continuación en la figura 2.14:

Figura 2.14 Diagrama de procesos para la fabricación del destilador solar









Elaborado por: Carolina Flores

CAPITULO 3

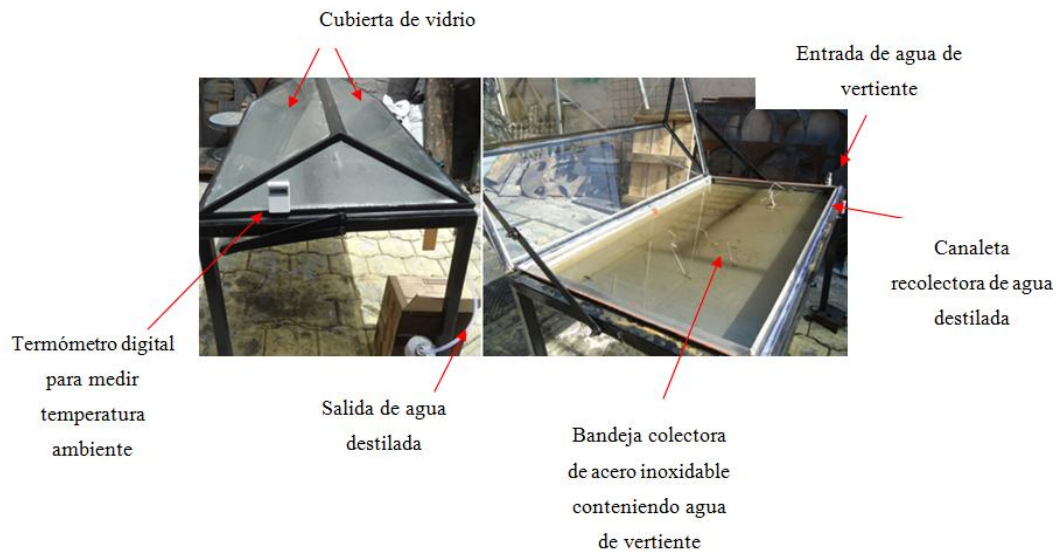
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Introducción

En este capítulo se hace un análisis del funcionamiento del sistema (destilador solar), comparando datos teóricos con datos reales que se han recopilado durante cuatro días de funcionamiento del destilador con variables como las temperaturas en las diferentes partes del equipo (bandeja recolectora, cubierta de vidrio), temperaturas del agua y ambientales, radiación, tiempo, volumen inicial y volumen final para obtener la eficiencia y la producción del sistema, de esta forma se obtiene el porcentaje de error entre los datos calculados en el diseño y los datos reales tomados del sistema construido.

De la misma forma se realiza una comparación de datos con los análisis de laboratorio de las muestras del agua antes y después del proceso de destilación para comprobar si el agua es apta o no para el consumo humano.

Figura 3.1 Destilador solar fabricado y partes principales



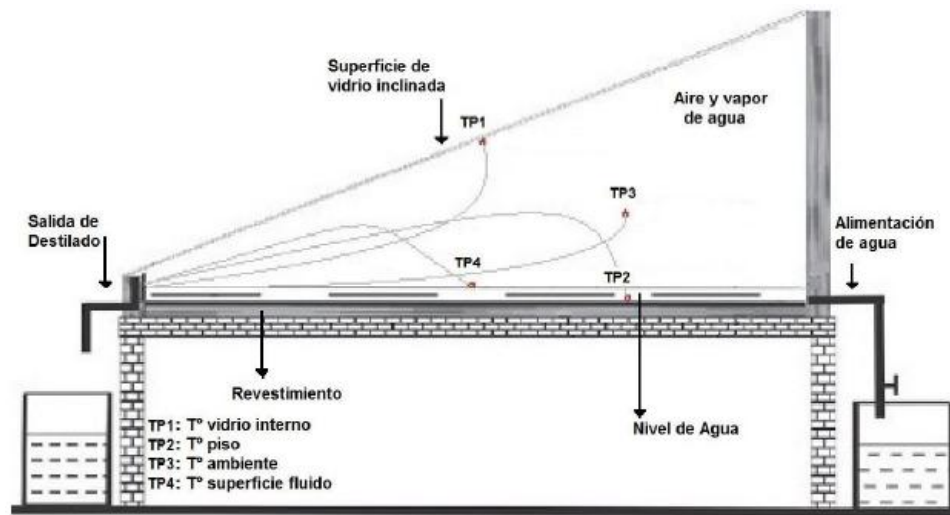
Elaborado por: Carolina Flores

3.1 Datos

Durante cuatro días de funcionamiento del destilador solar para diferentes condiciones climáticas, se registran temperaturas en cada parte del sistema (figura 3.2) en un periodo de 09:00 am. hasta las 16:00 pm., se obtiene un promedio de este parámetro y se lo evalúa en comparación con las temperaturas teóricas.

A continuación en la figura 3.2 se indica las partes del destilador donde fueron colocados los termómetros y las termocuplas:

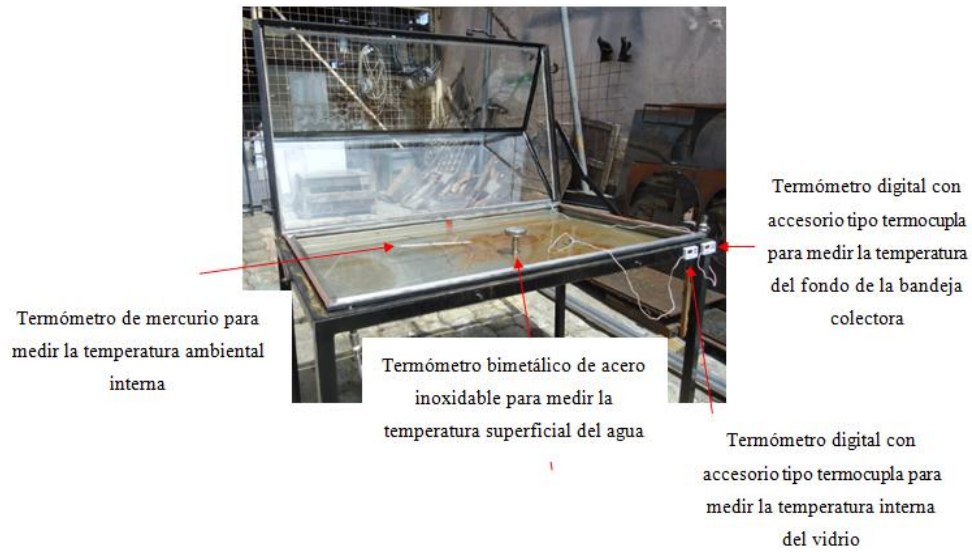
Figura 3.2 Instalación de termómetros y termocuplas en un destilador solar de simple efecto



Fuente: (Chávez, 2013, pág. 57)

Los termómetros que se utilizan en el destilador solar de este proyecto, se los ubica de la misma forma de la figura 3.2, se puede observar en la figura 3.3 el tipo de termómetro utilizado en cada parte del sistema:

Figura 3.3 Termómetros ubicados en las diferentes partes del destilador solar



Elaborado por: Carolina Flores

Temperatura interna del vidrio (T_g)

Esta temperatura es medida con un termómetro digital que dispone de una punta sensible para poder recolectar los datos de una superficie plana, la punta se la adhiere a la superficie interna del vidrio, gracias a la extensión que dispone se puede colocar el termómetro en la parte externa del sistema para evitar que el instrumento se pueda mojar o humedecer internamente. El rango de este termómetro es de -35°C hasta 70°C . (Anexo 3.1).

Figura 3.4 Termómetro digital con extensión



Elaborado por: Carolina Flores

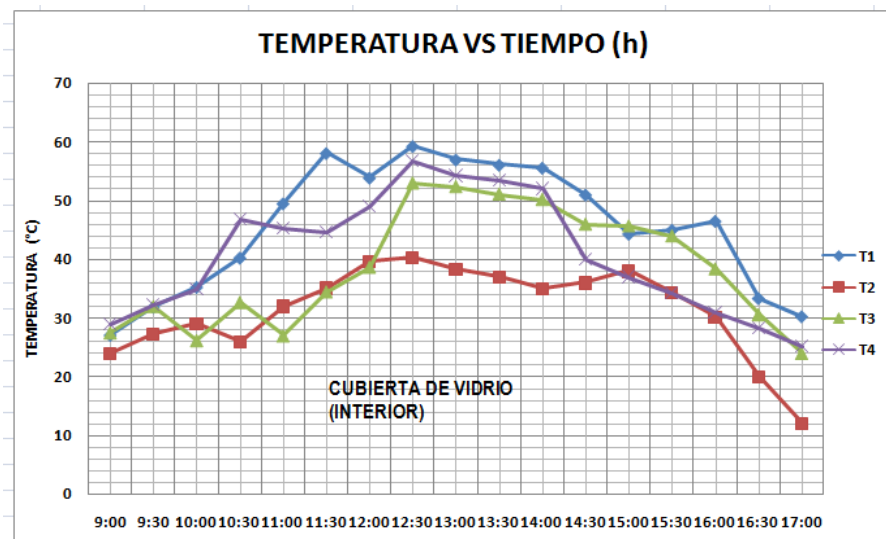
Tabla 3.1 Registro de temperaturas internas del vidrio

RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444	
DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015	
HORA	T1	T2	T3	T4	
9:00	27	24	27.5	29	
9:30	31.8	27.2	32	32.3	
10:00	35.2	29	26.2	34.9	
10:30	40.2	26	32.7	46.9	
11:00	49.5	32	27	45.3	
11:30	58.1	35.1	34.5	44.6	
12:00	53.9	39.6	38.7	49.1	
12:30	59.3	40.3	53	56.8	
13:00	57	38.4	52.4	54.3	
13:30	56.1	37	51.1	53.5	
14:00	55.6	35	50.2	52.1	
14:30	51	36	46	40	
15:00	44.3	38	45.7	37	
15:30	45	34.3	44	34.2	
16:00	46.5	30.1	38.4	31	
16:30	33.3	20	30.6	28.3	
17:00	30.2	12	24	25.2	
PROMEDIO	45.5294118	31.4117647	38.4705882	40.8529412	39.0661765
TEMPERATURA PROMEDIO EXPERIMENTAL PARA COMPARACION CON TEMPERATURA TEORICA					

Elaborado por: Carolina Flores

A continuación se muestra en la figura 3.5, la curva temperatura versus tiempo de las temperaturas tomadas de la superficie interna de vidrio:

Figura 3.5 Muestreo de las temperaturas internas del vidrio



Elaborado por: Carolina Flores

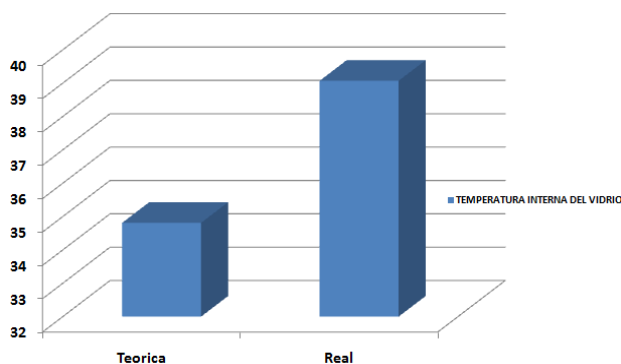
En la tabla 3.2 se presenta el error porcentual entre la temperatura teórica y la real (promedio):

Tabla 3.2 Comparación de temperaturas del vidrio

T_g (teórica) °C	T_g interior (real) °C	Error porcentual
34.81	39.07	10,9%

Elaborado por: Carolina Flores

Figura 3.6 Comparación de datos de temperatura interna del vidrio



Elaborado por: Carolina Flores

El error porcentual de este parámetro es aceptable para poder diseñar un sistema en base a datos teóricos.

Temperatura del agua (T_w)

Para la recolección de estos datos se utilizó un termómetro bimetalico de acero inoxidable, adaptando el instrumento para que solo mida la temperatura del agua y no la temperatura de la bandeja que contiene el fluido, con un rango de -10°C a 120°C (anexo 3.2).

Figura 3.7 Termómetro bimetalico adaptado para que mida superficie del agua



Elaborado por: Carolina Flores

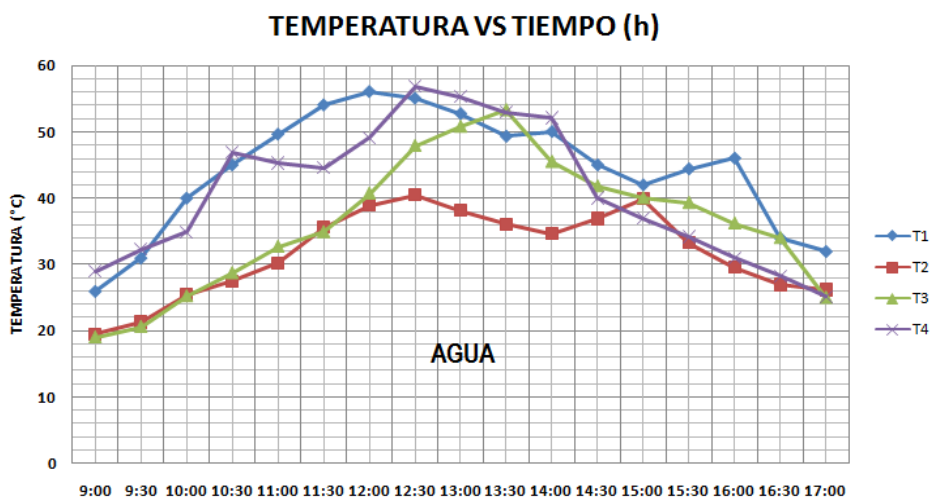
Tabla 3.3 Temperaturas del agua

REGISTRO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LOS DIAS DE PRUEBA					
RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444	
DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015	
HORA	T1	T2	T3	T4	
9:00	26	19.5	19	29	
9:30	31	21.3	20.6	32.3	
10:00	40	25.4	25.2	34.9	
10:30	45	27.5	28.7	46.9	
11:00	49.6	30.2	32.7	45.3	
11:30	54	35.6	34.9	44.6	
12:00	56	39	40.7	49.1	
12:30	55	40.5	47.9	56.8	
13:00	52.7	38.2	50.8	55.3	
13:30	49.3	36.1	53.3	52.9	
14:00	50	34.7	45.5	52.1	
14:30	45	36.9	41.8	40	
15:00	42	39.9	40	37	
15:30	44.4	33.3	39.3	34.2	
16:00	46	29.6	36.2	31	
16:30	34	27	34	28.3	
17:00	32	26.2	25	25.2	
PROMEDIO	44.2352941	31.8176471	36.2117647	40.8764706	38.2852941
TEMPERATURA PROMEDIO EXPERIMENTAL PARA COMPARACION CON TEMPERATURA TEORICA					

Elaborado por: Carolina Flores

A continuación se muestra en la figura 3.8, la curva temperatura versus tiempo del agua contenida en la bandeja:

Figura 3.8 Grafica temperatura versus tiempo de la temperatura del agua



Elaborado por: Carolina Flores

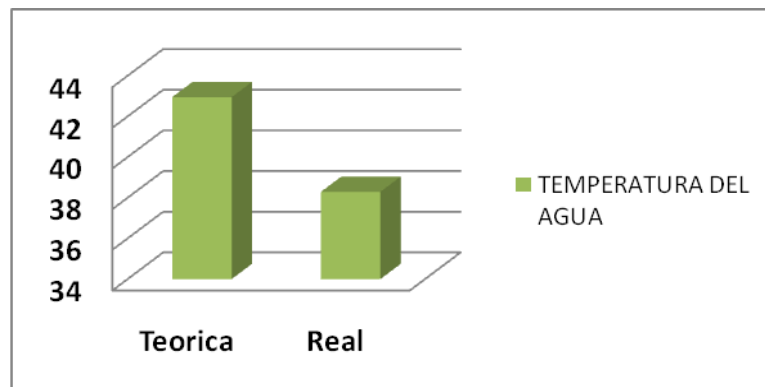
Se calcula el error porcentual de la temperatura teórica con un promedio calculado de las temperaturas tomadas del método real, quedando de la siguiente manera:

Tabla 3.4 Error porcentual de las temperaturas del agua

T_w (teórica) °C	T_w (real) °C	Error porcentual
42,95	38.29	10,85%

Elaborado por: Carolina Flores

Figura 3.9 Comparación de datos, temperatura del agua



Elaborado por: Carolina Flores

El error porcentual de este parámetro es manejable y no difiere con un alto rango, es aceptable para poder diseñar un sistema en base a datos teóricos.

Temperatura de la bandeja colectora (T_{bc})

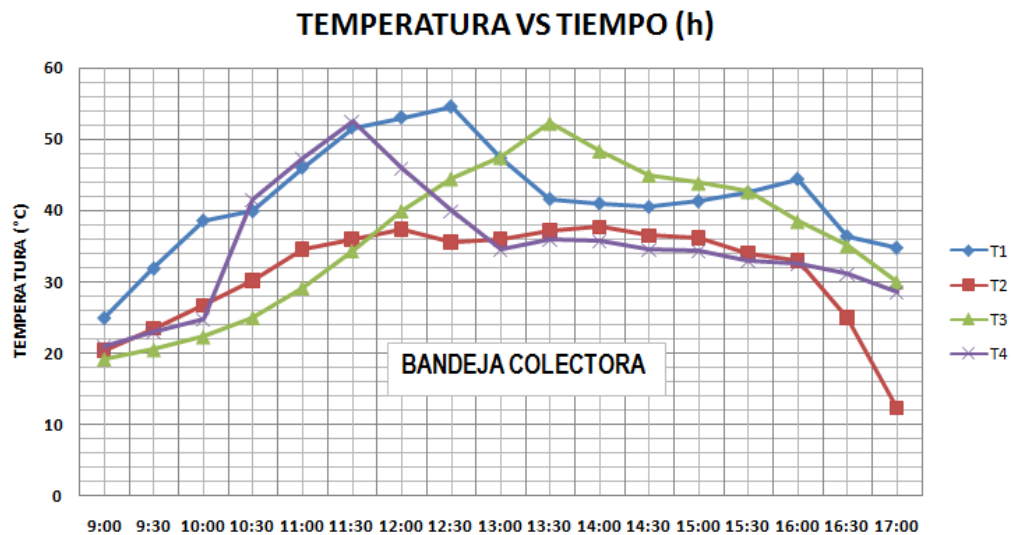
Al igual que en el vidrio, por tratarse de una superficie plana y lisa, se utiliza un termómetro semejante, ya que por sus características es optimo para la toma de estas temperaturas. Se adapta la punta del termómetro al fondo de la bandeja para que no haya interrupción con la temperatura del agua como se puede observar en la figura 3.4.

A continuación se muestra las tablas y las curvas de las temperaturas del fondo de la bandeja:

Tabla 3.5 Temperaturas de la bandeja

RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444	
DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015	
HORA	T1	T2	T3	T4	
9:00	25	20.4	19.2	21	
9:30	31.9	23.5	20.5	22.9	
10:00	38.6	26.7	22.3	24.7	
10:30	39.9	30.2	25	41.6	
11:00	46	34.6	29.2	47.3	
11:30	51.6	36	34.4	52.5	
12:00	53	37.4	40	46	
12:30	54.5	35.6	44.5	40	
13:00	47.3	36	47.5	34.5	
13:30	41.6	37.2	52.3	36	
14:00	41	37.7	48.4	35.7	
14:30	40.5	36.5	45	34.6	
15:00	41.3	36.2	43.9	34.3	
15:30	42.5	34	42.7	33	
16:00	44.4	33	38.5	32.5	
16:30	36.4	25	35.1	31.2	
17:00	34.8	12.3	30	28.6	
PROMEDIO	41.7823529	31.3117647	36.3823529	35.0823529	36.1397059
TEMPERATURA PROMEDIO EXPERIMENTAL PARA COMPARACION CON TEMPERATURA TEORICA					

Figura 3.10 Grafica temperatura versus tiempo de la temperatura de la bandeja colectora



Elaborado por: Carolina Flores

El error porcentual entre la temperatura teórica y el promedio calculado del método real, se lo puede exponer en la tabla 3.6:

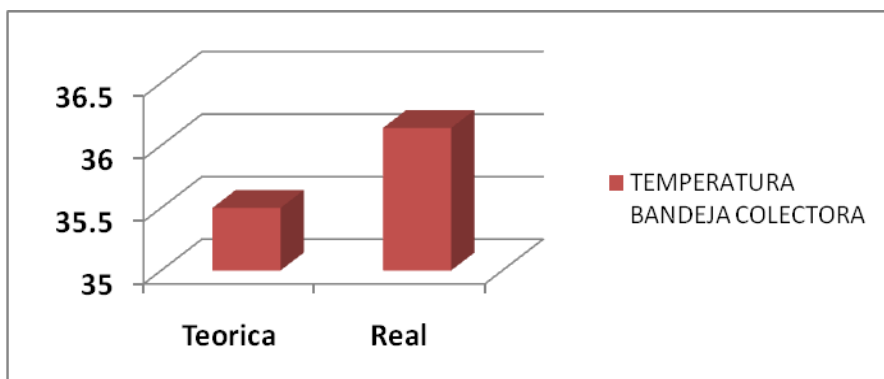
Tabla 3.6 Error porcentual de temperaturas de la bandeja colectora

T_{bc} (teórica) °C	T_{bc} (real) °C	Error porcentual
35.5	36.14	1,77%

Elaborado por: Carolina Flores

El error porcentual de éste parámetro es el mas bajo de todos los que se han evaluado, siendo el mas confiable para poder hacer los calculos en base a valores teóricos.

Figura 3.11 Comparación de datos de la temperatura de la bandeja colectora



Elaborado por: Carolina Flores

Las temperaturas de las tres principales partes del destilador, que influyen directamente en la producción y eficiencia del sistema están detalladas en este capítulo. Las tablas y gráficos de las temperaturas ambiente externa, ambiente interna y de la superficie exterior del vidrio se detalla en los anexos 3.3 al 3.5.

Diferencia de temperatura en las superficies del vidrio

A continuación se hace una evaluación de la diferencia de temperatura que existe en la parte interna y externa del vidrio, ya que es importante apreciar que este parámetro influye directamente con la producción de destilado.

Tabla 3.7 Diferencia de temperatura en el vidrio

T_g (interna) °C	T_g (externa) °C	ΔT °C
39,07	27,57	11,5

Elaborado por: Carolina Flores

La diferencia de temperatura entre estas dos superficies, está ligada al ambiente donde están expuestas, por lo que es necesario también evaluar las temperaturas ambientales de estos medios:

Tabla 3.8 Temperaturas internas y externas ambientales

T_{gi}	T_{ai}	T_{ge}	T_{ae}
39.07	36.36	27.56	26.38

Elaborado por: Carolina Flores

Para la producción de agua destilada es importante que la temperatura externa de la superficie de vidrio sea más baja que la interna de esta misma superficie, ya que con esta diferencia de temperatura la condensación es mayor, como se observa en la tabla 3.8, las temperaturas ambientales tienen que ver directamente con este proceso.

3.2 Radiación incidente (G_s)

Se detalla a continuación el valor teórico que se utiliza para el desarrollo del diseño del equipo y se compara con el valor de la radiación incidente real, cabe mencionar que el valor que se utilizó para el cálculo en el diseño es el del mes con menor radiación que es Abril y en valor experimental es del mes de Enero.

Tabla 3.9 Comparación de valores de la radiación incidente

G_s (teórica) W/m^2	G_s (real) W/m^2	Error porcentual
Mes de Abril	Mes de Enero	
637,64	687,81	7,86%

Elaborado por: Carolina Flores

El error porcentual entre estas dos variables es aceptable, ya que los meses donde se toman estos valores de radiación tienen condiciones climatológicas de invierno, por lo que el sistema se diseñó con parámetros de radiación bajos.

3.3 Producción de agua destilada (Me)

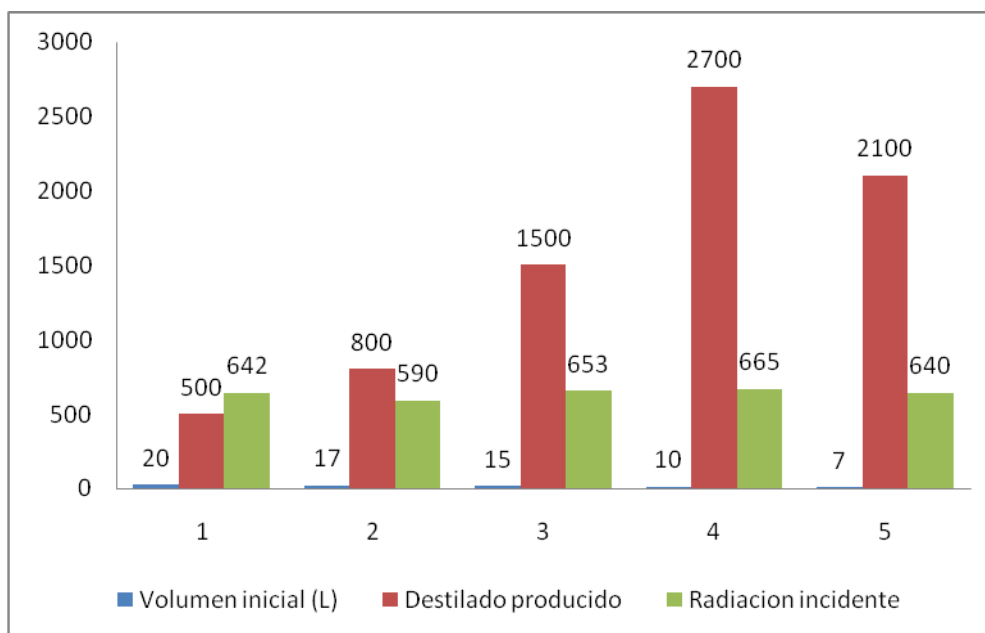
En base a la radiación incidente medida en el transcurso de los 4 días de funcionamiento del equipo, se calcula el estimado de destilado que produce el sistema, para luego comparar el valor promedio con el valor que se calcula en el diseño.

Tabla 3.10 Valores reales de producción de agua destilada

	Vi (L)	Me (ml)	Gs (w/m2)
D1	20	500	642
D2	17	800	590
D3	15	1500	653
D4	10	2700	665
D5	7	2100	640

Elaborado por: Carolina Flores

Figura 3.12 Influencia del volumen inicial y la radiación en la producción del destilador



Elaborado por: Carolina Flores

Para un área de 1 m^2 , la producción de destilado/condensado es directamente proporcional con el parámetro de la radiación incidente e inversamente proporcional con el volumen inicial que se suministre a la bandeja colectora, mientras la radiación tenga un valor alto el agua se evapora en menor tiempo, ya que las temperaturas alcanzan su valor ideal en ese periodo para el cambio de fase. El volumen de fluido suministrado a la

bandeja colectora influye también en el calentamiento rápido del agua, se puede observar en la grafica 3.12 que mientras menos volumen de agua de suministro mayor será la producción de agua destilada, hasta un cierto volumen donde la producción empieza a descender por efecto del nivel del liquido en la bandeja colectora que es mínimo o sea el agua casi ha llegado a secarse.

Entre la producción teórica y la real del sistema en un día soleado de 7 horas de trabajo, se tienen los siguientes datos:

Tabla 3.11 Diferencia de producción en el destilado

Me (Kg) teórico	Me (Kg) real
Mes de Abril	Mes de Enero (promedio)
0,75	1,38

Elaborado por: Carolina Flores

La producción depende mucho de la incidencia solar que se haya tenido en los días que se realizaron las pruebas.

3.4 Eficiencia teórica y real del destilador solar

La eficiencia de un destilador solar (η) es cantidad de energía utilizada en la vaporización de agua sobre la cantidad de incidencia de energía solar. Se realiza una evaluación de las eficiencias con valores teóricos y valores reales con el fin de conocer el porcentaje de error y que tan eficiente resulta el equipo de producción de agua destilada.

Se estima que la eficiencia en sistemas que funcionan con energía solar esta en un rango de 20 al 40%.

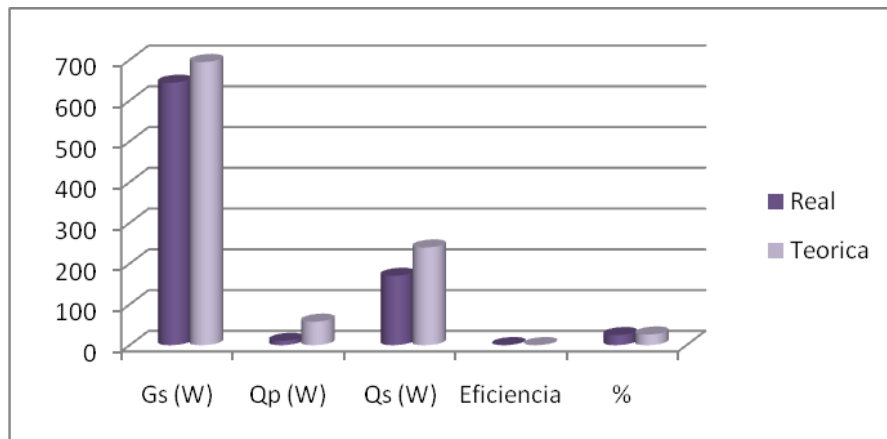
Se realiza una tabla de datos en Excel, en la cual se calcula la eficiencia tanto teórica como real en base al calor que absorbe el sistema (Q_s), las pérdidas (Q_p) que se generan y la radiación incidente (G_s):

Tabla 3.12 Eficiencia en base a la radiación incidente, perdidas de calor y calor del sistema

	Gs (W)	Qp	Qs	Eficiencia	%
Real	643.88	10.60	170.13	0.25	25%
Teórica	694.69	21.58	239.62	0.31	31%

Elaborado por: Carolina Flores

Figura 3.13 Comparación de datos reales y teóricos



Elaborado por: Carolina Flores

El porcentaje de error entre la eficiencia teórica y la eficiencia real:

$$\% \text{ error} = \frac{0,31 - 0,25}{0,31} * 100\%$$

$$\% \text{ error} = 19,35\%$$

3.5 Resultados de laboratorio

El agua de vertiente utilizada para el proceso de destilación es enviada a un laboratorio acreditado para realizar ensayos de tipo microbiológico y físico químico antes y después del proceso (anexo 2.1 y anexo 3.7), encontrando los siguientes resultados:

Tabla 3.13 Resultados obtenidos antes y después del proceso

Ensayo físico químico	Unidad	Resultados agua de vertiente	Resultados agua destilada	Límites permisibles (INEN 1108)
Color real	Unid. Pt-Co	<5	12,05	15 (límite max)
pH	-	7,38	8,26	6,5-8,5
Turbidez	NTU	0,32	0,80	5 NTU (límite max. permitido)
Dureza total	mg/L	106,80	<17,8	300

Ensayo microbiológico	Unidad	Resultados agua de vertiente	Resultados agua destilada	Límites permisibles (INEN 1108)
Aerobios totales	UFC/ml	27×10^2	$0,89 \times 10^2$	No deberá ser superior a 100
Coliformes totales	NMP/100ml	49	<1,8	<2
Mohos y levaduras	UPM/ml	1×10^0	45	-

Elaborado por: Carolina Flores

Equivalencias:

RTC: Recuento total de colonias

UFC: Unidades formadoras de colonias

El pH se mide en una escala de 1 a 14, siendo 7 neutro, 0 a 7 ácido y de 7 a 14 alcalino, los resultados de los análisis indican que la muestra tomada directo de la vertiente tiene un valor de 7.38 siendo ligeramente alcalino, la segunda muestra tomada después de realizar el proceso de destilado tiene un valor de 8.26 valor que se encuentra dentro de los rangos permitidos.

La turbidez está dentro de los rangos permitidos según la norma INEN 1108 para agua potable.

Dentro de la dureza total, el agua destilada en el proceso se convierte en agua blanda, ya que el valor de >17.8 , está en el rango de 16-75 ppm CaCO_3 (carbonato de calcio) para aguas blandas.

Los aerobios totales nos indican el grado de contaminación ambiental que ha sufrido la muestra, el valor de $0,89 \times 10^2$ UFC, que se encuentra en los rangos permisibles para consumo como agua potable.

Los coliformes totales están bajo el límite permisible de <2 , con valor de $<1,8$, lo que significa que la muestra de agua destilada no contiene este tipo de bacterias.

Sin embargo, consultado en el laboratorio SEIDLA donde se hicieron los análisis, las muestras tomadas a nivel de vertiente no tienen parámetros que nos indiquen los rangos máximos y mínimos.

CAPITULO 4

4. COSTOS

Introducción

Se detalla los costos directos e indirectos por fabricación del destilador solar, en los que se incluye materiales, mano de obra y adicionales.

4.1 Costos Directos

Los costos directos, se refieren al costo de aquellos recursos que hacen parte de las actividades y que tienen una relación directa con la elaboración del bien o prestación del servicio razón de ser del proyecto. Por ejemplo: Costo de la mano de obra para realizar las actividades del proyecto; el costo de los materiales que consume el proyecto y que se vuelven parte del producto final; costo de los contratos de servicios externos contratados para realizar una parte del proyecto; costo de la herramienta y equipos utilizados para la realización de las actividades del proyecto dirigidas a elaborar el producto final.

Costos de materiales

A continuación se realiza una tabla con los costos de los materiales que se utilizaron en la construcción del sistema de destilación, detallado en el anexo 4.1:

Tabla 4.1 Costos de materiales

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor	No. Factura	Anexo
1	Plancha de acero inoxidable 304, espesor 1mm.	1	63.02	P123	3.7e
2	Plancha de hierro tol, espesor 1.4mm	1	16.82	P123	3.7e
3	Tubo cuadrado de hierro 38 x 2mm.	2	26,96	139151	4.1a

4	Ángulo de 20 x 2mm.	2	8,72	139151	4.1a
5	Discos de corte 4 ½" x 1/32" x 7/8"	2	3,00	P000091	4.1b
6	Disco FLAP Z60	1	5,82	P000091	4.1b
7	Tuercas 3/8" UNC	4	0,24	P000091	4.1b
8	Pernos 3/8" x 3"	4	0,60	P000091	4.1b
9	Acero SAE 1018	1,6 Kg	3,87	P000091	4.1b
10	Espátula madera	1	2,20	P000091	4.1b
11	Silicón cartucho	1	3,75	P000091	4.1b
12	Ángulo Inox 304 25 x 3mm	1	49,72	P000091	4.1b
13	Platina de hierro 25 x 2	1	8,00	P000091	4.1b
14	Vidrio espesor 3mm	1	54,00	471	4.1c
15	Empaque de caucho	1	22,35	14284	4.1d
16	Silicón ABRO transparente	1	6,09	14284	4.1d
17	Cemento de contacto africano	1	1,21	14284	4.1d
18	Lana de vidrio, espesor 50mm	1	15,00	P123	4.1e

19	Adaptador para manguera 150 M NPT 3/8" x 3/8" SS	1	2,80	16655	4.1f
20	Unión 150 NPT 316 3/8" SS	1	1,30	16655	4.1f
21	Neplo Sch 40 NPT 3/4" x 4" SS	1	4,80	16655	4.1f
22	Codo 90° 150 NPT 3/4" SS	1	2,80	16655	4.1f
23	Termómetro digital cuarto frío -50 a 70°C	2	39,80	56314	4.1g
24	Vaso plástico con aza 2000 ml	1	9,90	56314	4.1g
25	Embudo de plástico 100ml	1	1,99	56314	4.1g
Total costos materiales:			354,76		

Elaborado por: Carolina Flores

Costos de mano de obra

A continuación se detalla la tabla con los costos de mano de obra que se requiere para la construcción del destilador solar (anexo 4.2):

Tabla 4.2 Costos de mano de obra

Ítem	Cant.	Descripción del trabajo	Costo total
1	1	Construcción de bandeja en plancha de acero mate 304 inoxidable espesor 1,0mm dimensiones 1442 x 852mm, corte de dobleces, soldadura con proceso TIG.	40,00
2	1	Estructura en tubo cuadrado de 1 1/4" x 1 1/4", dimensiones 1442 x 852 x 0,80 metros, con suelda MIG y al arco, incluye montaje de recolector de ángulo de acero inoxidable.	50,00

3	1	Techo en acero inoxidable de 1" x 1" ángulo 120 x 1,38 x 0,49 en dos módulos, incluye material y mano de obra.	30,00
4	1	Colocación de plancha de hierro tol galvanizado para doble fondo dimensiones 835 x 1423 espesor 1,4mm.	20,00
5	1	Soldadura con proceso TIG de acoples para entrada y salida de agua.	15,00
			155,00

Elaborado por: Carolina Flores

Tabla 4.3 Total de costos directos del destilador solar

Ítem 1	Detalle	Valor
1	Materiales	\$ 354,76
2	Mano de obra	\$ 155,00
Total costos directos		\$ 509,76

Elaborado por: Carolina Flores

4.2 Costos indirectos

Los costos indirectos, se refieren al costo de aquellos recurso que participan en las actividades del proyecto, mas no de forma directa. Se clasifican en:

- Gastos de administración: Salario del gerente del proyecto y personal administrativo del proyecto.
- Gastos generales: Arriendos, servicios, mantenimiento de vehículos, papelería, pruebas de laboratorio, entre otros.

A continuación se detalla los costos indirectos realizados en el proyecto:

Tabla 4.4 Valor de los costos indirectos

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor	No. Factura	Anexo
1	Análisis de laboratorio antes del proceso	1	72,00	18835	4.3

2	Análisis de laboratorio después del proceso	1	68,40	18835	4.3
3	Análisis de laboratorio después del proceso	1	22,05	8299	4.3
4	Transporte	1	40,00	-	-
5	Insumos	1	25,00	-	-
Total costos materiales sin IVA:			227,45		

Elaborado por: Carolina Flores

4.3 Costos totales

Analizando los costos directos e indirectos, se llega al cálculo final de los costos del proyecto del destilador solar:

Tabla 4.5 Costos totales generados en el proyecto

Ítem 1	Detalle	Valor
1	Costos directos	\$ 509,76
2	Costos indirectos	\$ 227,45
	Total costos directos	\$ 737,21

Elaborado por: Carolina Flores

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se da cumplimiento a la finalización del proyecto descrito según cálculos determinados.
- El almacenamiento de agua para destilación alcanzo el objetivo propuesto de $0,002 \text{ m}^3$, sin embargo para la producción estimada (3 a 4 litros diarios), el almacenamiento ideal es de aproximadamente $0,001 \text{ m}^3$.
- La producción de mayor destilado depende directamente de la incidencia solar, es decir que es directamente proporcional a la radiación solar más alta en el día que tiene un horario de 11:00 am hasta 13:00pm.
- Mientras menor nivel de agua se encuentre en la bandeja colectora (aproximadamente un volumen de 10 litros), la producción de destilado en 7 horas de trabajo del sistema, se logra recolectar un destilado aproximado a 3 litros
- La eficiencia del destilador alcanzo el 31%, superando las expectativas planteadas en la hipótesis de un 20% en este parámetro.
- De acuerdo a los resultados obtenidos inicialmente del agua de vertiente, se deduce un alto contenido de contaminantes, comparando estos valores con los rangos permisibles de la norma INEN 1108 para agua potable, se deduce que el agua de vertiente nos es apta para el consumo humano.
- Realizado el proceso de análisis con la muestra obtenida de la destilación, se concluye que el agua destilada es apta para el consumo humano, ya que los valores obtenidos en el análisis físico químico y microbiológico muestran valores que se encuentran dentro de los límites permisibles según norma INEN 1108 para agua potable.

Recomendaciones

- Es necesario la limpieza continua de la cubierta de vidrio para evitar que la suciedad interfiera con el ingreso de los rayos solares.
- Se recomienda la limpieza de la canaleta recolectora de destilado para evitar contaminación del agua purificada.
- El fondo de la bandeja de ser de un color oscuro de preferencia negro con la finalidad de poseer mayor absorción y menor reflexión de la energía solar
- El sistema utilizado para la obtención de agua para consumo humano es recomendable en zonas rurales, donde la incidencia de energía solar es alta, existiendo a la vez extensiones de terreno considerables para evitar las sombras y el viento es permanente.
- Realizadas las pruebas de laboratorio y concluyendo que el agua es apta para el consumo humano, se recomienda utilizar cloro en bajo porcentaje.
- Es importante que el equipo tenga una buena hermeticidad, para evitar pérdidas de vapor en el interior del sistema.
- Si se desea una producción a nivel industrial, se recomienda que el área de incidencia tenga una superficie mayor a los 2m^2 .
- La orientación del destilador debe estar en base a las coordenadas del área donde se vaya a realizar el proceso, teniendo en cuenta que la salida del sol está por el oeste y caída del mismo por el este.
- Para obtener resultados más precisos, se recomienda que los equipos de medición (instrumentación) tengan tecnología digital.
- Se obtiene una eficiencia energética del 10% en la bandeja colectora, que es suficiente para calentar y evaporar el agua, sin embargo se recomienda que para calcular una eficiencia de este tipo en todo el sistema es necesario un estudio más detallado y profundo de este tema, que se lo puede realizar en un proyecto enfocado en la eficiencia energética o exergía de un destilador solar.

LISTA DE REFERENCIAS

- Beltrán, L. (29 de Agosto de 2010). <http://termoweb.comyr.com>. Recuperado el 25 de Febrero de 2013, de <http://termoweb.comyr.com/exergia.html>
- Berris, L., & Alvarez, M. (2008). *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares*. La Habana: Cuba Solar.
- Castellano, L. (01 de Marzo de 2012). *La libreta de Antonio*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2013, de <http://antoniosegundocicloprimaria.blogspot.com/2012/03/estados-del-agua-alumnos-de-3-b.html>
- Cengel, Y., & Boles, M. (2007). *Termodinamica*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- CENSOLAR. (2010). *Sistemas de aprovechamiento termico*. Madrid: PROGENSA.
- Chávez, W. (2013). *Estudio de dos tipos de destiladores solares pasivos para el tratamiento de aguas del rio camina en la region de Tarapaca*. Iquique: Universidad Arturo Prat.
- Cirsoc. (2010). *Reglamento argentino del viento sobre las construcciones*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>
- Cuarán, S., & Tinillo, I. (2013). *Diseño o y construcción de un prototipo de deshidratador atmosferico de bandejas discontinuo*. Quito: UPS.
- De Paz, C. (2012). *Química inorgánica*. Recuperado el 04 de Octubre de 2013, de <http://www.fullquimica.com/2011/08/destilacion.html>
- Douglas, A. (2009). *Energía solar térmica*. Recuperado el 03 de Junio de 2014, de <http://blog.espol.edu.ec/josmvala/files/2010/12/energia-solar-temica.pdf>
- Educarchile. (2013). <http://www.educarchile.cl/>. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133092>

- Fernández, P. (14 de Julio de 2010). *Radiación en la superficie terrestre*. Recuperado el 28 de Enero de 2014, de <http://files.pfernandezdiez.es/EnergiasAlternativas/solar/PDFs/01solar.pdf>
- Hadzich, M. (02 de Mayo de 2013). *Tecnologías para casas y hoteles ecológicos*. Recuperado el 21 de Abril de 2014, de <http://miguelhadzich.com/wp-content/uploads/2013/05/10.-ENERGIA-SOLAR-TERMICA-Curso-Hoteles-Ecologicos-9-Mayo-2013.pdf>
- Huerta, H. (06 de Junio de 2013). *Diario UChile*. Recuperado el 17 de Agosto de 2013, de <http://radio.uchile.cl/2013/06/06/acuerdo-permitira-aplicar-convenio-169-a-proyectos-de-energias-renovables-no-convencionales>
- Hueza, F., & Morán, J. (2012). *Diseño , construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- INAHMI. (2010). *Anuario meteorológico* . Quito: Inahmi.
- Incropera, F., & Dewitt, D. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Mexico: Prentice Hall.
- INEN. (Marzo de 2006). Agua potable requisitos. Norma INEN 1108. *Water drinking. Specification* . Quito, Pichincha, Ecuador: INEN.
- Klein, S., & Alvarado, F. (28 de Septiembre de 2014). *Coleccion de graficas, tablas y ecuaciones de transferencia de calor*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2014, de http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf
- Laciencia. (29 de Octubre de 2009). *APA*. Recuperado el 16 de Enero de 2013, de <http://nuestraeselagua.blogspot.com/2009/10/contaminacion-del-agua-freatica-y-su.html>
- Leitao, B. M. (2010). *Análisis del rendimiento de un destilador solar en un invernadero*.

- Malik, M., Tiwari, G., Kumar, A., & M.S., S. (1982). *Solar Distillation: A Practical Study of a Wide Range of Stills and their Optimum Design, Construction and Performance*. Oxford: Pergamon Press.
- Marcano, J. (28 de Septiembre de 2010). *Educacion ambiental en la República Dominicana*. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de <http://www.jmarcano.com/nociones/ciclo1.html>
- Microsoft Corporation. (12 de Octubre de 2010). <http://calor5a.blogspot.com>. Recuperado el 08 de Febrero de 2014, de <http://calor5a.blogspot.com/2010/10/transferencia-de-calor.html>
- Motran, J. (19 de Julio de 2012). *Marlex Systems*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2013, de <http://www.marlex.org/pequeno-pueblo-japon-apuesta-energia-solar/14829/>
- movapsol. (16 de Febrero de 2010). *Movimiento aparente del sol*. Recuperado el 01 de Julio de 2014, de <http://personales.unican.es/gonzalmi/ssolar/articulos/movapsol.html>
- Nandwani, S. S. (2013). *DESTILADOR SOLAR - CONSTRUCCIÓN, FUNCIONAMIENTO Y USO*. Costa Rica: Solar Cook.
- NEC10, I. (2006). *Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador*. Quito: INEN.
- neetescuela. (07 de Noviembre de 2012). <http://neetescuela.com/>. Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de <http://neetescuela.com/destilacion>
- Netto, R. (05 de Enero de 2000). *Fisicanet*. Recuperado el 14 de Julio de 2013, de http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap03_fuentes_de_energia.php
- Pascual, E. (05 de Junio de 2014). *El blog verde*. Recuperado el 25 de Julio de 2014, de <http://elblogverde.com/contaminacion-del-agua/>

- Prado. (10 de Abril de 2012). *Artículos Web*. Recuperado el 23 de Marzo de 2013, de <http://www.articulosweb.net/blog/wp-content/gallery/la-condensacion-del-agua/la-condensacion-del-agua-14.jpg>
- Ramirez, J. F. (22 de Enero de 2015). *Ranergia*. Recuperado el Enero de 27 de 2015, de <http://www.ranergia.cl/sample-page/inicio/energia/>
- Rodriguez, R., & Saavedra, W. (2008). *Diseño y construcción de un destilador solar de aguas residuales para el laboratorio de energías renovables DECEM*. Sangolqui: ESPE.
- S.L, S. (15 de Mayo de 2013). *Sitio solar.com*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares/>
- Salazar, M., & López, A. M. (10 de Julio de 2014). <http://agualizate.com/>. Recuperado el 03 de Diciembre de 2014, de <http://agualizate.com/?p=159>
- TESTO ARGENTINA, S. (2010). *Academia online*. Recuperado el 19 de Octubre de 2014, de <http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=tablas-de-emisividad>

ANEXOS

ANEXOS CAPITULO 1

ANEXO 1.1

Características y propiedades del agua

- Buen conductor eléctrico, disolvente y soluble.
- Es una sustancia pura ya que tiene su composición química homogénea e invariante.
- Elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas, lo que quiere decir que sus moléculas se juntan formando así grandes bloques de agua.
- Elevado calor de vaporización, el agua se transforma de líquido a gaseoso, consiguiendo disminuir la temperatura de un ser vivo.
- La alcalinidad es una de las características que posee el agua para neutralizar un ácido o una base, de manera que el pH del agua no varíe (escala del 1 al 14), el pH lo que hace, es demostrar si la sustancia es ácido (pH 1-6), neutro (pH 7) y básico (pH 8-14). El número de átomos de hidrógeno en la sustancia determina el pH, si existe más átomos de hidrogeno, el pH disminuye. Si la sustancia es acida, habrá más átomos de hidrogeno.
- Tiene peso y ocupa un lugar en el espacio, ya que es materia.
- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C.
- Excelente regulador de temperatura en la superficie terrestre y en áreas marinas, por su elevado calor específico cuando cambia de estado.
- La presión de vapor crece rápidamente cuando la temperatura aumenta, a partir de los 4°C se dilata cuando incrementa la temperatura y también cuando se enfría hasta los 0°C.

ANEXO 1.2

Ciclo y estados del agua

- Sólida, cuando se la encuentra en forma de nieve, granizo.
- Gaseosa, cuando se presenta como humedad en el ambiente o cuando se evapora por el calor del sol.
- Líquida, en ríos, mares y otros espejos de agua.
- El agua que se encuentra en la superficie terrestre es calentada mediante los rayos solares, evaporándose lentamente para llegar en forma de nubes a la atmosfera, las nubes se desplazan por medio de corrientes de aire de un lugar a otro, en la atmosfera la temperatura decrece considerablemente por este motivo el agua cambia de estado de gaseoso a liquido por medio de la condensación.
- La lluvia entonces es el resultado del cambio de estado de gaseoso a líquido, cuando llueve, el agua vuelve a alimentar ríos, mares, lagos y fuentes subterráneas filtrándose a través de los suelos, se completa el ciclo volviéndose a evaporar.
- El agua es un recurso renovable ya que tiene la capacidad de movimiento de un lugar a otro y auto regenerarse hasta un cierto grado de contaminación.
- Cada estado del agua tiene un fenómeno inverso; la evaporación que es el cambio de estado de liquido a gas y su opuesto es la condensación que es el paso del estado gaseoso al liquido; la congelación o estado sólido donde el liquido pasa a convertirse en hielo, el estado inverso es la fusión donde el agua cambia de solida a liquida. Por último tenemos el proceso de sublimación inversa que es el estado contrario a la sublimación (solido a gas), donde se pasa de un estado gaseoso a uno solido.

ANEXO 1.3

Análisis químico del agua

- Agua acida, con un pH menor a 7.
- Agua alcalina, su pH es superior a 7.

- Agua Blanda, las que no contienen grandes concentraciones de minerales disueltos (calcio y magnesio).
- Agua dulce, posee bajo contenido de sales y es la más apta para producir agua potable.
- Agua dura, producen incrustaciones de cal en cañerías y reducen la acción de los detergentes por poseer grandes concentraciones de minerales disueltos (sales de calcio y magnesio).
- Agua freática, es el agua subterránea que está más cerca a la superficie.
- Agua mineral, procede de manantiales que llevan consigo sustancias minerales.
- Agua minero-medicinal, por ser mineral se aplica en la curación de dolencias.
- Agua potable, agua que ha pasado por un proceso de purificación y desinfección para que sea apta para el consumo del hombre.
- Agua salada, tiene porcentajes muy altos de sales, contiene en promedio 35 g/l de sales.
- Agua salina, tiene concentraciones mucho más bajas que el agua salada 1.000-10.000 mg/l.
- Agua termal, normalmente vienen de manantiales que pasan cerca de un volcán en estado activo, poseen temperaturas de nivel medio.

ANEXO 1.4

Fuentes de contaminación

Fuente	Vertido	Desecho
Desechos domésticos	Sistema de alcantarillado que llegan a ríos, esteros, mar.	Papel, jabón, orina, heces, detergentes
Desechos Industriales:		
<ul style="list-style-type: none"> • Minería y Fundición 	Principalmente a Ríos	Metales Pesados
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricas de Pasta 	Sistema de alcantarillado	Cloros, fenoles, fungicidas

• Industria Química	Ríos, mares	Insecticidas
• Centrales Nucleares	Mares, ríos	Sustancias Radiactivas
• Industria Petrolera	Directamente al mar y a los ríos	Petróleo y derivados
• Agricultura	Mediante el suelo, llega a contaminar aguas subterráneas, ríos, etc.	Nitratos y Fosfatos
• Deposición Atmosférica	Mediantes corrientes aéreas	Pesticidas en sprays, gotas o sistema de vertido aéreo.
• Medios Naturales	Mediante fuertes lluvias, infiltración en el suelo, llegan a las aguas subterráneas	Pesticidas, heces de ganado, pozos sépticos, etc.

Fuente: (Documento publicado por: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. El Agua. San José Costa Rica: El Instituto)

ANEXO 1.5

Efectos de la contaminación en la salud del ser humano

Microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas, vómitos intensos, deshidratación. Es mortal si no se la trata adecuadamente.
Bacterias	Tifus	Fiebres, diarreas y vómitos. Inflamación del vaso y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Muerte infantil en países poco desarrollados y en zonas rurales.

Bacterias	Gastroenteritis	Nauseas y vómitos.
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daño permanente del hígado.
Virus	Poliomielitis	Dolores musculares intensos, debilidad, temblores, parálisis. Puede ser mortal.
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre.
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatigas continuas.

Fuente: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (libro electrónico)

(<http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>). Girbau García.

Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Masón 2002.

ANEXO 1.6

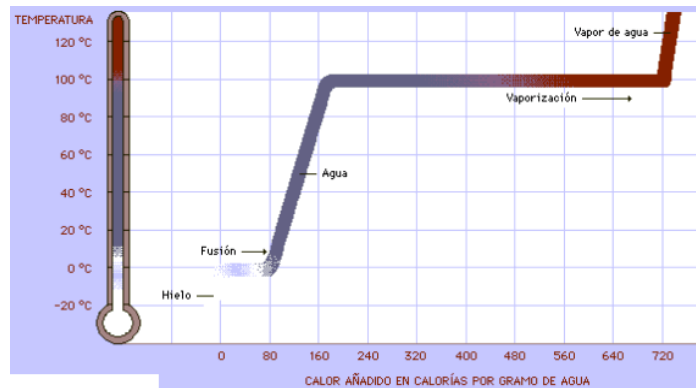
Ecuación calorimétrica

$$Q = m * Cp * (Tf - To)$$

Entonces:

Si $To > Tf$ el cuerpo cede calor $Q < 0$

Si $To < Tf$ el cuerpo recibe calor $Q > 0$



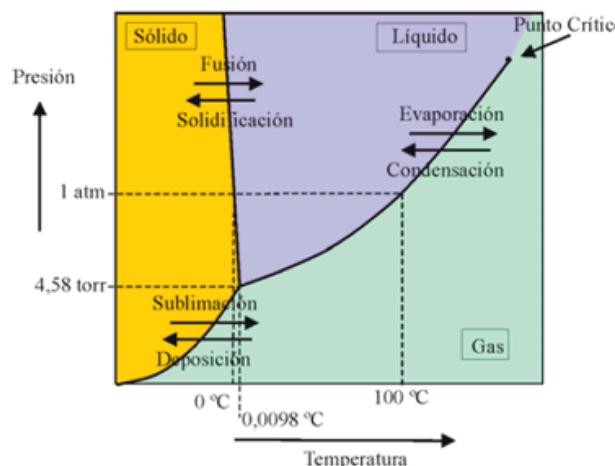
Calor sensible y calor latente

Fuente: (<http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/ebullicion-y-evaporacion>)

ANEXO 1.7

Diagrama de fases zona de evaporación y condensación

A presión normal ($1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de Hg}$), el agua hierve y el vapor se condensa a 100°C , a esta temperatura se le da el nombre de punto de ebullición del agua. Si se desea que el agua pase de líquido a vapor o viceversa sin variar su temperatura, necesita un intercambio de 540 calorías por cada gramo. Este calor necesario para cambiar de estado sin variar de temperatura se llama calor latente de vaporización del agua o simplemente calor de vaporización.



Grafica Presión-Temperatura, zona de evaporación y condensación

Fuente:

(https://www.metted.ucar.edu/sign_in_es.php?go_back_to=http%253A%252F%252Fwww.

ANEXO 1.8

Relación de clausius-clapeyron

$$\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = - \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Fuente: Termodinámica (Cengel, Boles)

La tasa de evaporación en un sistema abierto está relacionada con la presión de vapor encontrada en un sistema cerrado. Si un líquido se calienta, cuando la presión de vapor alcance la presión ambiental, el líquido hervirá.

La capacidad para evaporarse de la molécula de un líquido se debe en gran parte a la cantidad de energía cinética que una partícula individual pueda poseer. Incluso a temperaturas inferiores, las moléculas individuales de un líquido pueden evaporarse potencialmente si tienen más de la cantidad mínima de energía cinética requerida para la vaporización.

ANEXO 1.9

Formas de condensación:

- Nieblas por radiación, por descenso de la temperatura del aire en contacto con el aire frío por una inversión térmica en la superficie. Primero se origina rocío o escarcha y a continuación niebla. Cuando avanza el día, el suelo se calienta por radiación y calienta el aire por conducción por lo que la niebla se disipa desde la base hacia arriba.
- Nieblas por advección, por enfriamiento de las capas de aire cuando se desplazan horizontalmente sobre una superficie generalmente marina. Puede ser aire frío moviéndose sobre una superficie cálida o aire cálido sobre una superficie fría. En el primer caso el agua caliente se evapora y se condensa en contacto con el aire más frío formando columnas de niebla, similares a humo, que muestran la turbulencia del aire. En el segundo caso, el aire cálido es enfriado por

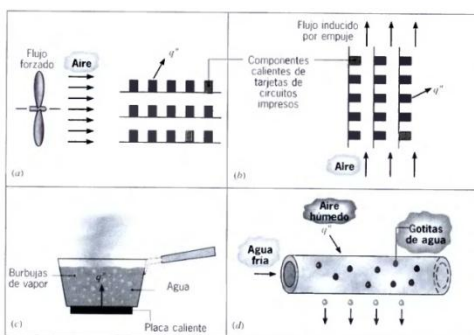
conducción en sus capas bajas dando lugar a una inversión térmica y condensación.

- Niebla industrial, la adición al aire de partículas higroscópicas de origen industrial facilita la presencia de nieblas densas con humedades relativas inferiores al 100%. Cuando se mezclan con humo se forma una niebla muy densa que es el smog.
- Nubes, son las principales formas de condensación. Se trata de un volumen de aire que se hace visible por contener muchas y minúsculas gotas de agua y cristales de hielo (unas 1.000 por cm^3) que flotan en el aire. Se originan por condensación y sublimación que se produce en la atmósfera sobre ciertas partículas sólidas microscópicas que se denominan núcleos de condensación y sublimación. Por su constitución física, las nubes se clasifican en: líquidas, de cristales de hielo, heladas (formadas por gotas de agua congeladas) y mixtas.

ANEXO 1.10

Formas de transferencia de calor

La densidad de un fluido disminuye con el incremento de temperatura, en un campo gravitacional las diferencias de densidades causadas por la diferencia de temperaturas, provoca fuerzas de flotación.

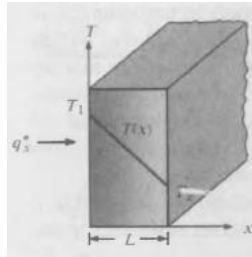


Procesos de transferencia de calor por convección. a) Forzada, b) natural, c) evaporación, d) ebullición

Fuente: (Incropera, 1999)

Conducción

$$q_{cond} = k * \frac{\Delta T}{L} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



Transferencia de calor unidimensional por conducción

Fuente: (Incropera, 1999)

Convección

La convección se da en un fluido, en donde el movimiento de este es masivo y a nivel macroscópico y resulta de la diferencia de temperaturas del fluido en presencia de una fuerza gravitacional. Existen dos tipos de convección, la natural y la forzada. Para el tema del estudio, se utiliza la convección natural, donde el movimiento del fluido se debe a causas naturales (efecto de flotación). La ecuación que expresa el calor por convección se denomina “Ley de enfriamiento de Newton”.

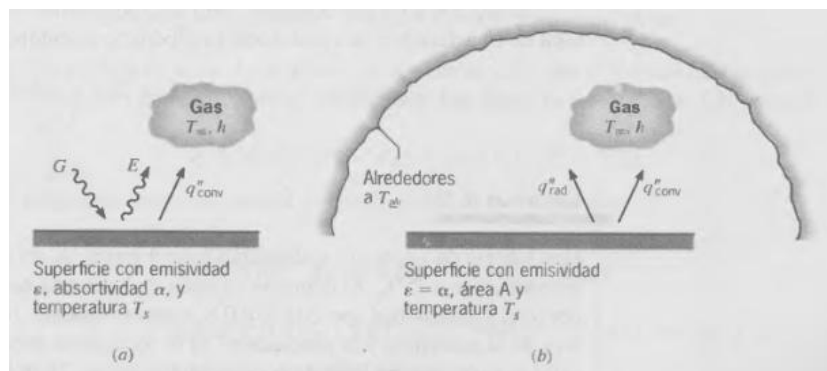
$$q_{conv} = h * (T_s - T_{\infty}) \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Radiación

La diferencia entre conducción y convección, es que las sustancias que intercambian calor por medio de la radiación no tienen que estar en contacto; sino que pueden estar separadas por un vacío.

$$q_{rad} = \varepsilon * \sigma * (T_s^4 - T_{air}^4) \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q_{rad} = h_r * A * (T_s - T_{air}) \quad [W]$$



ANEXO 1.11

Tipos de energías no renovables

Tipos de energías no renovables	Base	Procedencia	Aplicación
Energía fósil	Carbón, petróleo, gas natural	Resto de seres vivos enterrados durante millones de años	Transporte, industria, hogares
Energía nuclear		Uranio	Centrales termonucleares

ANEXO 1.12

Tipos de energías renovables

Entre las contaminantes se encuentran las obtenidas a partir de materia orgánica o biomasa. Este tipo de fuente de energía tiene el mismo problema que las energías que se obtienen de combustibles fósiles en lo que tiene que ver con las emanaciones de dióxido

de carbono, aunque con el atenuante que al producirse la masa biológica, la misma absorbe CO₂ de la atmósfera para realizar el proceso de fotosíntesis.

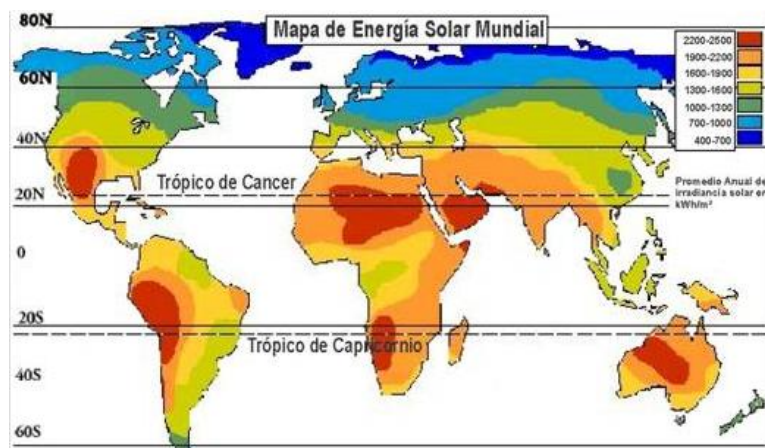
Las limpias o no contaminantes, se clasifican en función del tipo de recurso natural que utilicen, y podemos distinguir las más importantes como:

- Energía solar
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Energía hidráulica
- Energía mareomotriz o undimotriz

ANEXO 1.13

Atlas solar

Desde Agosto del 2008, el Ecuador cuenta con un Atlas de radiación Solar, desarrollado por la corporación para la investigación energética, en la que se puede encontrar datos de referencias geográficas sobre radiación global, difusa y directa en el Ecuador continental. Este atlas constituye una herramienta muy importante para la investigación y desarrollo de proyectos en materia de energía solar.



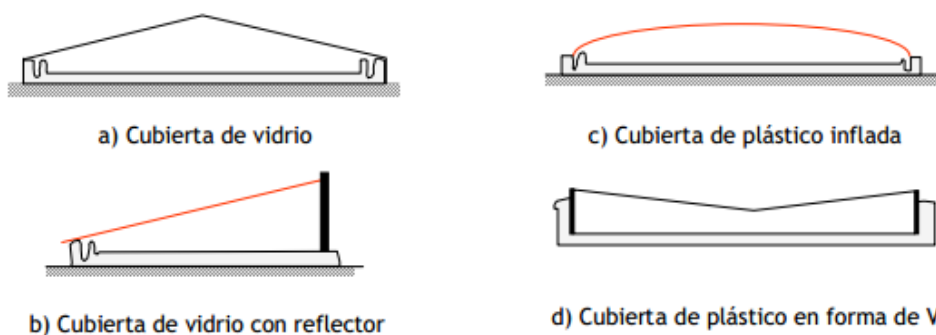
Atlas solar mundial

Fuente: www.energias-renovables.com

ANEXO 1.14

Tipos de cubiertas

La cubierta o techo, en material transparente, generador del efecto invernadero, además de servir como condensador, tiene también la función de hacer un sello de agua para el vapor. Las tapas laterales con aislamiento térmico evitarán las fugas de calor y también captarán la reflexión solar hacia la superficie del evaporador.



Diagramas esquemáticos de diseños de destiladores solares simples

Tipos de cubiertas en los destiladores solares

Fuente: www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo2.pdf

ANEXOS CAPITULO 2

ANEXO 2.1

Resultados de análisis de laboratorio del agua antes del proceso de destilado



SEIDLaboratory Cia. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs.: 246 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 85094

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: AGUA DE VERTIENTE

CODIGO LABORATORIO: 85094- 1

TIPO DE PRODUCTO: AGUA DE VERTIENTE

CLIENTE: FLORES NICOLALDE CAROLINA

DIRECCION: URB. LOS CIPRESES 2 COLA. PEDRO RUBENS

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: ENVASE PLASTICO CON TAPA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 14/10/16

FECHA INICIO ENSAYO: 14/10/16

CONTENIDO DECLARADO: ND

CONTENIDO ENCONTRADO: 6 l/300ml

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 4 ° C Humedad relativa 29.5 %

FORMA DE CONSERVACIÓN: REFRIGERACION

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS*	METODOS	UNIDAD	RESULTADOS
pH	SEM-AB pH (STANDARD METHOD 4500-H+B)	—	7.38
Turbidez	SEM-AB TURB (STANDARD METHOD 2130B)	NTU	0.32
Dureza total	TITULOMÉTRICO	mg/L	106.8
Color real	SEM-AB - COL (STANDARD METHOD 2120C)	Unid. Pt-Co	<5
ENSAYOS MICROBIOLOGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios totales	INEN 1529- 5	UFC/ml	27 x 10 ²
Coliformes totales	INEN 1529- 6	NMP/100ml	49
Mohos y Levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	1 x 10 ⁰

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

Datos tomados del cuaderno de FQ AGUA # 2 Pág. 63 / Microbiología 71 Pág. 40A

INCERTIDUMBRE:		
PARAMETRO FISICO QUIMICOS	INCERTIDUMBRE	La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre tipica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.
pH	X=C*U, U=0.03, L=C+X (AGUAS SUPERFICIALES)	
COLOR	X=C*U, U=0.50, L=C+X (Rangos ≤ 10UC)	

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,

Dra. Mayra Vinuesa
Director de Calidad
Director Técnico (E)

14/10/27
FECHA EMISION

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario. Muestras no perecibles: 30 días calendario
Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado

ANEXO 2.2

Hoja excel de cálculos para radiación solar

	A	B	C	D
1	DECLINACION SOLAR (d)			
2				
3	n	x	sen(x)	d
4	16	295.890411	-0.89963087	-21.0963439
5	45	324.493151	-0.58080027	-13.6197664
6	75	354.082192	-0.1031017	-2.41773481
7	105	383.671233	0.40148799	9.41489335
8	136	414.246575	0.81153906	19.0305909
9	166	443.835616	0.99421791	23.3144099
10	197	474.410959	0.91060463	21.3536786
11	228	504.986301	0.57377227	13.4549597
12	258	534.575342	0.09453675	2.21688678
13	289	565.150685	-0.42500034	-9.96625797
14	319	594.739726	-0.81653805	-19.1478173
15	350	625.315068	-0.9966589	-23.3716512

1	Angulo del Ocaso (ws)					
2						
3	d	Ø	- tan (d)	tan (Ø)	- tan (d)*tan(Ø)	ws
4	-21.0963439	-0.2166	0.385794576	-0.0037804	-0.001458458	90.0835635
5	-13.6197664	-0.2166	0.242290672	-0.0037804	-0.000915956	90.0524804
6	-2.41773481	-0.2166	0.042222497	-0.0037804	-0.000159618	90.0091454
7	9.41489335	-0.2166	-0.165816	-0.0037804	0.000626851	89.9640841
8	19.0305909	-0.2166	-0.34492494	-0.0037804	0.001303955	89.9252889
9	23.3144099	-0.2166	-0.43096622	-0.0037804	0.001629225	89.9066522
10	21.3536786	-0.2166	-0.39096338	-0.0037804	0.001477998	89.9153169
11	13.4549597	-0.2166	-0.2392475	-0.0037804	0.000904452	89.9481787
12	2.21688678	-0.2166	-0.03871129	-0.0037804	0.000146344	89.9916151
13	-9.96625797	-0.2166	0.175719824	-0.0037804	-0.000664291	90.0380611
14	-19.1478173	-0.2166	0.347215961	-0.0037804	-0.001312616	90.0752074
15	-23.3716512	-0.2166	0.432151335	-0.0037804	-0.001633705	90.0936045
16						

	A	B
1	Horas de sol teoricas (N)	
2		
3	ws	N(h)
4	90.0835635	12.0111418
5	90.0524804	12.0069974
6	90.0091454	12.0012194
7	89.9640841	11.9952112
8	89.9252889	11.9900385
9	89.9066522	11.9875536
10	89.9153169	11.9887089
11	89.9481787	11.9930905
12	89.9916151	11.998882
13	90.0380611	12.0050748
14	90.0752074	12.0100276
15	90.0936045	12.0124806

	A	B	C	D	E	F	G
1	Irradiacion diaria solar promedio extraterrestre sobre una superficie horizontal (Gon)						
2							
3	Dias Promedio por mes	n	Gsc [W/m2]	$1+0.033*\cos(360*n/365)$	Gon [W/m2]	Ho [MJ/m2]	Ho [W.h/m2]
4	ene-17	16	1353	1.03176	1395.97128	40.28	11188.9784
5	feb-16	45	1353	1.02358	1384.90374	39.54	10983.4212
6	mar-16	75	1353	1.00911	1365.32583	37.4	10388.972
7	abr-15	105	1353	0.992262	1342.530486	33.7	9361.186
8	may-15	136	1353	0.97702	1321.90806	29.78	8272.2884
9	jun-11	166	1353	0.968322	1310.139666	27.76	7711.1728
10	jul-17	197	1353	0.968023	1309.735119	28.52	7922.2856
11	ago-16	228	1353	0.976615	1321.360095	31.78	8827.8484
12	sep-05	258	1353	0.991162	1341.042186	35.76	9933.4128
13	oct-15	289	1353	1.00856	1364.58168	38.62	10727.8636
14	nov-14	319	1353	1.02318	1384.36254	39.9	11083.422
15	dic-10	350	1353	1.03191	1396.17423	40.2	11166.756

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Radiacion extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal (Ho)												
2													
3	$(24*3600*Gsc)/\pi$	$1+0.033*\cos(360*n/365)$	$\cos(\theta)$	$\cos(d)$	ws	sen(ws)	sen(θ)	sen(d)	t2	t1	t3	Ho [J/m2]	Ho [W.h/m2]
4	3.72E+07	1.03176	0.99999285	0.9329765	90.0835635	0.99999894	-0.00378037	-0.35993727	0.002139363	0.93296885	0.93510821	3.59E+07	9972.408493
5	3.72E+07	1.02358	0.99999285	0.97187982	90.0524804	0.99999958	-0.00378037	-0.23547741	0.001399127	0.97187247	0.9732716	3.71E+07	10297.10981
6	3.72E+07	1.00911	0.99999285	0.99910982	90.0091454	0.99999999	-0.00378037	-0.04218491	0.000250528	0.99910267	0.9993532	3.75E+07	10423.58277
7	3.72E+07	0.992262	0.99999285	0.98652967	89.9640841	0.9999998	-0.00378037	0.1635824	-0.000971	0.98652243	0.98555143	3.64E+07	10107.99823
8	3.72E+07	0.97702	0.99999285	0.94534462	89.9252889	0.99999915	-0.00378037	0.32607293	-0.00193468	0.94533706	0.94340238	3.43E+07	9527.082469
9	3.72E+07	0.968322	0.99999285	0.91834687	89.9066522	0.99999867	-0.00378037	0.39577648	-0.00234776	0.91833909	0.91599133	3.30E+07	9167.916847
10	3.72E+07	0.968023	0.99999285	0.9313505	89.9153169	0.99999891	-0.00378037	0.36412394	-0.00216021	0.93134283	0.92918262	3.35E+07	9297.07338
11	3.72E+07	0.976615	0.99999285	0.97255313	89.9481787	0.99999959	-0.00378037	0.23268091	-0.00138091	0.97254578	0.97116487	3.53E+07	9803.380523
12	3.72E+07	0.991162	0.99999285	0.99925156	89.9916151	0.99999999	-0.00378037	0.03868232	-0.00022968	0.99924441	0.99901473	3.68E+07	10234.72168
13	3.72E+07	1.00856	0.99999285	0.98490985	90.0380611	0.99999978	-0.00378037	-0.17306818	0.001028148	0.98490259	0.98593074	3.70E+07	10277.9772
14	3.72E+07	1.02318	0.99999285	0.9446755	90.0752074	0.99999914	-0.00378037	-0.32800641	0.001949395	0.94466793	0.94661733	3.60E+07	10011.19673
15	3.72E+07	1.03191	0.99999285	0.91795101	90.0936045	0.99999867	-0.00378037	-0.39669376	0.002358096	0.91794323	0.92030133	3.53E+07	9815.928181

	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Factor de cambio de ángulo de incidencia en el transcurso del día (Rb)											
2												
3	sen(\emptyset -B)	t2-t1	12/PI	cos (d)	cos (\emptyset -B)	sen (15*t1)	sen(15*t2)	cos(\emptyset)	sen (\emptyset)			Rb
4	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.9329765	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	4.31158332	3.39545419	1.26981048
5	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.97187982	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	3.96392376	3.49723578	1.13344481
6	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.99910982	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	3.34652904	3.56566706	0.93854221
7	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.98652967	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	2.59227129	3.52624383	0.73513671
8	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.94534462	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	1.92371004	3.41070596	0.56402107
9	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.91834687	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	1.61514007	3.33594242	0.48416305
10	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.9313505	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	1.7569986	3.37190191	0.5210705
11	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.97255313	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	2.31622389	3.48666565	0.66430915
12	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.99925156	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	3.06197331	3.56390993	0.85916125
13	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.98490985	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	3.77447442	3.53077744	1.06902077
14	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.9446755	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	4.22639941	3.42620737	1.23355038
15	-0.50327033	7.00	3.819718634	0.91795101	0.86412903	0.70710678	-0.8660254	0.99999285	-0.00378037	4.40600343	3.35584407	1.31293449

	A	B	C	D	E	F	G
1	A						
2							
3	\emptyset	d	ws	y	z	w	A
4	-0.2166	-21.0963439	90.0835635	0.99999285	0.9329765	0.99999894	0.93296885
5	-0.2166	-13.6197664	90.0524804	0.99999285	0.97187982	0.99999958	0.97187247
6	-0.2166	-2.41773481	90.0091454	0.99999285	0.99910982	0.99999999	0.99910267
7	-0.2166	9.41489335	89.9640841	0.99999285	0.98652967	0.9999998	0.98652243
8	-0.2166	19.0305909	89.9252889	0.99999285	0.94534462	0.99999915	0.94533706
9	-0.2166	23.3144099	89.9066522	0.99999285	0.91834687	0.99999867	0.91833909
10	-0.2166	21.3536786	89.9153169	0.99999285	0.9313505	0.99999891	0.93134283
11	-0.2166	13.4549597	89.9481787	0.99999285	0.97255313	0.99999959	0.97254578
12	-0.2166	2.21688678	89.9916151	0.99999285	0.99925156	0.99999999	0.99924441
13	-0.2166	-9.96625797	90.0380611	0.99999285	0.98490985	0.99999978	0.98490259
14	-0.2166	-19.1478173	90.0752074	0.99999285	0.9446755	0.99999914	0.94466793
15	-0.2166	-23.3716512	90.0936045	0.99999285	0.91795101	0.99999867	0.91794323
16	-0.25	-20.9	90.1	0.99999048	0.93420447	0.99999848	0.93419416
17							

	A	B	C	D	E	F	G	
1	B							
2								
3	Ø	d	ws	D	F	G	B	
4	-0.2166	-21.0963439	90.0835635	1.572254786	-0.00378037	-0.35993727	0.00213936	
5	-0.2166	-13.6197664	90.0524804	1.571712283	-0.00378037	-0.23547741	0.00139913	
6	-0.2166	-2.41773481	90.0091454	1.570955945	-0.00378037	-0.04218491	0.00025053	
7	-0.2166	9.41489335	89.9640841	1.570169476	-0.00378037	0.1635824	-0.000971	
8	-0.2166	19.0305909	89.9252889	1.569492372	-0.00378037	0.32607293	-0.00193468	
9	-0.2166	23.3144099	89.9066522	1.569167101	-0.00378037	0.39577648	-0.00234776	
10	-0.2166	21.3536786	89.9153169	1.569318328	-0.00378037	0.36412394	-0.00216021	
11	-0.2166	13.4549597	89.9481787	1.569891875	-0.00378037	0.23268091	-0.00138091	
12	-0.2166	2.21688678	89.9916151	1.570649983	-0.00378037	0.03868232	-0.00022968	
13	-0.2166	-9.96625797	90.0380611	1.571460618	-0.00378037	-0.17306818	0.00102815	
14	-0.2166	-19.1478173	90.0752074	1.572108943	-0.00378037	-0.32800641	0.00194939	
15	-0.2166	-23.3716512	90.0936045	1.572430033	-0.00378037	-0.39669376	0.0023581	
16	-0.25	-20.9	90.1	1.572541656	-0.00436331	-0.356738	0.00244775	
17								

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	HELIOFANIA (nr)															
2																
3	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCTUBRE	NOV	DIC	VALOR ANUAL	SUMA	PROMEDIO
4																
5	2006	122	117.1	113.1	116.7	184.2	176.3	213.1	211.4	196.8	184.8	123.5	149.2	1908.2		
6	2007	200.7	179.9	121.1	115.9	156.1	166.3	217.1	180.6	184.3	139.9	160.8	175	1997.7		
7	2008	134.6	102.4	88.9	126.1	129.4	177.9	168.6	157	164.2	147	129.5	150.8	1676.4		
8	2009	106.9	125.9	145.8	150.6	177	174.6	211.4	197.6	233.7	167.6	180.2	186.5	2057.8		
9	2010	232.2	156.5	159.9	119.6	123.5	135.1	169.5	183.3	159.7	158.8	78.6	73.1	1749.8		
10																
11	SUMATORIA	796.4	681.8	628.8	628.9	770.2	830.2	979.7	929.9	938.7	798.1	672.6	734.6			
12	PROM ANUAL	159.28	136.36	125.76	125.8	154.04	166.04	195.9	185.98	187.74	159.62	134.52	146.9			
13	PROM DIARIO	5.1381	4.87	4.05677	4.193	4.969	5.5347	6.321	5.999355	6.258	5.149032	4.484	4.739		61.712	
14																

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
14										
15										
16	AÑO	2006	2007	2008	2009	2010		SUMA	ANUAL	DIARIO
17	MES									
18	ENERO	122	200.7	134.6	106.9	232.2		796.4	159.28	5.1381
19	FEBRERO	117.1	179.9	102.4	125.9	156.5		681.8	136.36	4.87
20	MARZO	113.1	121.1	88.9	145.8	159.9		628.8	125.76	4.0568
21	ABRIL	116.7	115.9	126.1	150.6	119.6		628.9	125.78	4.1927
22	MAYO	184.2	156.1	129.4	177	123.5		770.2	154.04	4.969
23	JUNIO	176.3	166.3	177.9	174.6	135.1		830.2	166.04	5.5347
24	JULIO	213.1	217.1	168.6	211.4	169.5		979.7	195.94	6.3206
25	AGOSTO	211.4	180.6	157	197.6	183.3		929.9	185.98	5.9994
26	SEPTIEMBRE	196.8	184.3	164.2	233.7	159.7		938.7	187.74	6.258
27	OCTUBRE	184.8	139.9	147	167.6	158.8		798.1	159.62	5.149
28	NOVIEMBRE	123.5	160.8	129.5	180.2	78.6		672.6	134.52	4.484
29	DICIEMBRE	149.2	175	150.8	186.5	73.1		734.6	146.92	4.7394
30										
31	SUMA	1908.2	1997.7	1676.4	2058	1749.8				
32	PROM ANUAL	159.02	166.475	139.7	171.5	145.82				
33	PROM DIARIO	5.2279	5.47315	4.59288	5.638	4.794				
34										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Irradiación diaria solar promedio terrestre sobre una superficie horizontal (H)									
2										
3	año	Mes	No. días Mes	nr (h) mensual	nr (h) diarias	a	b	N(h)	Ho [W.h/m2]	H [W.h/m2]
4	2006-2010	Enero	31	122	5.138064516	0.23	0.56	12.0111418	9972.408493	4682.58
5	2006-2010	Febrero	28	117.1	4.87	0.23	0.56	12.0069974	10297.10981	4707.16
6	2006-2010	Marzo	31	113.1	4.056774194	0.23	0.56	12.0012194	10423.58277	4370.58
7	2006-2010	Abril	30	116.7	4.192666667	0.23	0.56	11.9952112	10107.99823	4303.34
8	2006-2010	Mayo	31	184.2	4.969032258	0.23	0.56	11.9900385	9527.082469	4402.28
9	2006-2010	Junio	30	176.3	5.534666667	0.23	0.56	11.9875536	9167.916847	4479.01
10	2006-2010	Julio	31	231.1	6.320645161	0.23	0.56	11.9887089	9297.07338	4883.21
11	2006-2010	Agosto	31	211.4	5.999354839	0.23	0.56	11.9930905	9803.380523	5001.01
12	2006-2010	Septiembre	30	196.8	6.258	0.23	0.56	11.998882	10234.72168	5343.21
13	2006-2010	Octubre	31	184.8	5.149032258	0.23	0.56	12.0050748	10277.9772	4832.57
14	2006-2010	Noviembre	30	123.5	4.484	0.23	0.56	12.0100276	10011.19673	4395.70
15	2006-2010	Diciembre	31	149.2	4.739354839	0.23	0.56	12.0124806	9815.928181	4426.40
16										

	A	B	C
1	Indice de claridad KT		
2			
3	Ho [W.h/m2]	H [W.h/m2]	KT
4	9972.408493	4682.583521	0.469553922
5	10297.10981	4707.161271	0.457134221
6	10423.58277	4370.575874	0.419296893
7	10107.99823	4303.337616	0.425735889
8	9527.082469	4402.282154	0.462080828
9	9167.916847	4479.009745	0.488552615
10	9297.07338	4883.206353	0.52524124
11	9803.380523	5001.01017	0.51013119
12	10234.72168	5343.212597	0.522067211
13	10277.9772	4832.567123	0.470186597
14	10011.19673	4395.702439	0.439078619
15	9815.928181	4426.395673	0.450940104
16			

	A	B	C
1	Irradiacion diaria solar difusa promedio (Hd)		
2			
3	H [W.h/m2]	KT	Hd [W.h/m2.dia]
4	4682.58352	0.46955392	1849.554724
5	4707.16127	0.45713422	1912.379047
6	4370.57587	0.41929689	1937.055607
7	4303.33762	0.42573589	1878.920139
8	4402.28215	0.46208083	1768.533336
9	4479.00975	0.48855261	1694.848175
10	4883.20635	0.52524124	1700.516853
11	5001.01017	0.51013119	1802.370742
12	5343.2126	0.52206721	1874.221848
13	4832.56712	0.4701866	1906.065555
14	4395.70244	0.43907862	1861.055171
15	4426.39567	0.4509401	1823.858894

	A	B	C
1	Radiacion solar directa horaria (Hb)		
2			
3	H [W.h/m2]	Hd [W.h/m2]	Hb [W.h/m2.dia]
4	4682.583521	1849.554724	2833.028797
5	4707.161271	1912.379047	2794.782225
6	4370.575874	1937.055607	2433.520267
7	4303.337616	1878.920139	2424.417476
8	4402.282154	1768.533336	2633.748818
9	4479.009745	1694.848175	2784.16157
10	4883.206353	1700.516853	3182.689499
11	5001.01017	1802.370742	3198.639428
12	5343.212597	1874.221848	3468.990749
13	4832.567123	1906.065555	2926.501568
14	4395.702439	1861.055171	2534.647268
15	4426.395673	1823.858894	2602.536779

	A	B	C	D
1	Radiacion directa sobre una superficie inclinada (HbT)			
2				
3	Hb(W.h/m2)	Rb	HbT (W.h/m2)	
4	2833.028797	1.269810483	3597.409665	
5	2794.782225	1.133444814	3167.73142	
6	2433.520267	0.938542209	2283.961486	
7	2424.417476	0.73513671	1782.278287	
8	2633.748818	0.564021073	1485.489835	
9	2784.16157	0.484163053	1347.988167	
10	3182.689499	0.521070496	1658.405597	
11	3198.639428	0.664309149	2124.885436	
12	3468.990749	0.85916125	2980.422427	
13	2926.501568	1.069020771	3128.490963	
14	2534.647268	1.233550381	3126.615104	
15	2602.536779	1.312934493	3416.960306	
16				

	A
1	Factor Rd
2	
3	Rd
4	0.9330127
5	0.9330127
6	0.9330127
7	0.9330127
8	0.9330127
9	0.9330127
10	0.9330127
11	0.9330127
12	0.9330127
13	0.9330127
14	0.9330127
15	0.9330127

	A	B	C	D
1	Radiacion difusa HdT sobre una superficie inclinada			
2				
3	Rd	Hd	HdT[W.h/m2]	
4	0.9330127	1849.55472	1725.658051	
5	0.9330127	1912.37905	1784.273941	
6	0.9330127	1937.05561	1807.297486	
7	0.9330127	1878.92014	1753.056356	
8	0.9330127	1768.53334	1650.064066	
9	0.9330127	1694.84818	1581.314875	
10	0.9330127	1700.51685	1586.603824	
11	0.9330127	1802.37074	1681.634795	
12	0.9330127	1874.22185	1748.672791	
13	0.9330127	1906.06555	1778.383373	
14	0.9330127	1861.05517	1736.388114	
15	0.9330127	1823.85889	1701.683514	
16				

	A	B	C	D	E
1	Radiacion reflejada HrT				
2					
3	P	H	B	$(1-\cos B)/2$	HrT[W.h/m2]
4	0.3	4682.58352	30	0.066987298	78.41840457
5	0.3	4707.16127	30	0.066987298	78.83000383
6	0.3	4370.57587	30	0.066987298	73.19326724
7	0.3	4303.33762	30	0.066987298	72.06723993
8	0.3	4402.28215	30	0.066987298	73.72424674
9	0.3	4479.00975	30	0.066987298	75.00919026
10	0.3	4883.20635	30	0.066987298	81.77819992
11	0.3	5001.01017	30	0.066987298	83.75103977
12	0.3	5343.2126	30	0.066987298	89.48184377
13	0.3	4832.56712	30	0.066987298	80.93015362
14	0.3	4395.70244	30	0.066987298	73.61405742
15	0.3	4426.39567	30	0.066987298	74.12807162

	A	B	C	D
1	Radiacion total que incide en una superficie inclinada (HT)			
2				
3	HbT (W.h/m2)	HdT[W.h/m2]	HrT[W.h/m2]	HT inclinada
4	3597.409665	1725.658051	78.41840457	5401.486121
5	3167.73142	1784.273941	78.83000383	5030.835365
6	2283.961486	1807.297486	73.19326724	4164.452239
7	1782.278287	1753.056356	72.06723993	3607.401883
8	1485.489835	1650.064066	73.72424674	3209.278147
9	1347.988167	1581.314875	75.00919026	3004.312232
10	1658.405597	1586.603824	81.77819992	3326.787621
11	2124.885436	1681.634795	83.75103977	3890.271271
12	2980.422427	1748.672791	89.48184377	4818.577061
13	3128.490963	1778.383373	80.93015362	4987.80449
14	3126.615104	1736.388114	73.61405742	4936.617275
15	3416.960306	1701.683514	74.12807162	5192.771892
16				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	MES	δ [°]	ω_s [°]	N(h)	Ho [W.h/m2.dia]	nr [h]	H [W.h/m2.dia]	KT	Hd [W.h/m2.dia]	Hb [W.ho/m2.dia]	HT
2	ENERO	-21.0963439	90.0835635	12.0111418	11188.9784	5.13806452	3350.454576	0.2994424	2409.218529	941.2360469	3518.34649
3	FEBERERO	-13.6197664	90.0524804	12.0069974	10983.4212	4.87	3118.388524	0.28391778	2155.064567	963.323957	3167.39266
4	MARZO	-2.41773481	90.0091454	12.0012194	10388.972	4.05677419	2458.250157	0.23662112	1850.729078	607.5210793	2346.34684
5	ABRIL	9.41489335	89.9640841	11.9952112	9361.186	4.19266667	2290.400083	0.24466986	1657.683762	632.7163212	2057.33708
6	MAYO	19.0305909	89.9252889	11.9900385	8272.2884	4.96903226	2399.799425	0.29010103	1266.231181	1133.568243	1861.91154
7	JUNIO	23.3144099	89.9066522	11.9875536	7711.1728	5.53466667	2492.179861	0.32319077	1327.319748	1164.860113	1838.8206
8	JULIO	21.3536786	89.9153169	11.9887089	7922.2856	6.32064516	2923.731783	0.36905155	1248.727215	1675.004567	2081.69319
9	AGOSTO	13.4549597	89.9481787	11.9930905	8827.8484	5.99935484	3091.194594	0.35016399	1440.302868	1650.891725	2499.07208
10	SEPTIEMBRE	2.21688678	89.9916151	11.998882	9933.4128	6.258	3626.530211	0.36508401	1752.777354	1873.752857	3318.08105
11	OCTUBRE	-9.96625797	90.0380611	12.0050748	10727.8636	5.14903226	3220.861312	0.30023325	1696.51817	1524.343142	3278.4759
12	NOVIEMBRE	-19.1478173	90.0752074	12.0100276	11083.422	4.484	2896.633213	0.26134827	2023.162847	873.4703665	3028.82169
13	DICIEMBRE	-23.3716512	90.0936045	12.0124806	11166.756	4.73935484	3083.980287	0.27617513	1930.924759	1153.055528	3390.88431

	A	B	C		A	B	C	D
1	Radiacion Incidente Gs			1	Radiacion que entra al destilador Grg			
2				2				
3	HdT[W.h/m2]	HbT (W.h/m2)	Gs (W.h/m2)	3	Gs (W.h/m2)	α_g	$1-\alpha_g$	Grg (W.h/m2)
4	1725.658051	3597.409665	5323.067716	4	5323.067716	0.1	0.9	4790.760944
5	1784.273941	3167.73142	4952.005361	5	4952.005361	0.1	0.9	4456.804825
6	1807.297486	2283.961486	4091.258972	6	4091.258972	0.1	0.9	3682.133074
7	1753.056356	1782.278287	3535.334643	7	3535.334643	0.1	0.9	3181.801179
8	1650.064066	1485.489835	3135.553901	8	3135.553901	0.1	0.9	2821.998511
9	1581.314875	1347.988167	2929.303042	9	2929.303042	0.1	0.9	2636.372738
10	1586.603824	1658.405597	3245.009421	10	3245.009421	0.1	0.9	2920.508479
11	1681.634795	2124.885436	3806.520231	11	3806.520231	0.1	0.9	3425.868208
12	1748.672791	2980.422427	4729.095217	12	4729.095217	0.1	0.9	4256.185696
13	1778.383373	3128.490963	4906.874336	13	4906.874336	0.1	0.9	4416.186902
14	1736.388114	3126.615104	4863.003217	14	4863.003217	0.1	0.9	4376.702896
15	1701.683514	3416.960306	5118.64382	15	5118.64382	0.1	0.9	4606.779438
16								

	A	B	C	D
1	Grw,f			
2				
3	Grg	αa	$1-\alpha a$	Grw,f
4	4790.76094	0.3	0.7	3353.53266
5	4456.80483	0.3	0.7	3119.76338
6	3682.13307	0.3	0.7	2577.49315
7	3181.80118	0.3	0.7	2227.26083
8	2821.99851	0.3	0.7	1975.39896
9	2636.37274	0.3	0.7	1845.46092
10	2920.50848	0.3	0.7	2044.35594
11	3425.86821	0.3	0.7	2398.10775
12	4256.1857	0.3	0.7	2979.32999
13	4416.1869	0.3	0.7	3091.33083
14	4376.7029	0.3	0.7	3063.69203
15	4606.77944	0.3	0.7	3224.74561

ANEXO 2.3

Resultados de análisis de laboratorio del agua después del proceso de destilado:



Instituto Nacional
de Investigación
en Salud Pública INSPI

PROCESO DE ZOONOSIS

Fecha Recepción: 13-01-2015 Fecha entrega: 20-01-2015
Muestra: Agua de vertiente REG: 01/2015
Procedencia: Jatunpamba Propietario: Srta. Carolina Flores
Provincia: Pichincha Cantón: Quito Parroquia: Minas
Remite: Srta. Carolina Flores Tlf: 2535-522

LABORATORIO: BACTERIOLOGIA
Análisis Bacteriológicos.- Gérmenes /cc de muestra

Muestra	RTC	Coliformes Totales	E. coli
Agua de vertiente	320x 10 ¹ UFC	17 x 10 ¹ UFC	3 X 10 ¹ UFC

EQUIVALENCIAS:

RTC	Recuento total de colonias
UFC	Unidades formadoras de colonia

DICTAMEN:

Muestra **NO APTA** para el consumo humano
Tomado de la Norma INEN N° 1830


Dr. Luis Hidalgo A.
PROFESIONAL RESPONSABLE



Panamericana Sur Km 12 1/2 entrada al Basterio Junto a PetroEcuador (SECTOR EL BEATERO)
TEL: 2060-806
CORREO: lab_val_loquiza_perez@hotmail.com



ANEXO 2.4

Tabla del número de día del año:

Mes	Días del mes para el calculo	Día promedio (i)	n para el i -esimo día del mes	n
Enero	31	16	i	16
Febrero	28	14	31 + i	45
Marzo	31	16	59 + i	75
Abril	30	15	90 + i	105
Mayo	31	16	120 + i	136
Junio	30	15	151 + i	166
Julio	31	16	181 + i	197
Agosto	31	16	212 + i	228
Septiembre	30	15	243 + i	258
Octubre	31	16	273 + i	289
Noviembre	30	15	304 + i	319
Diciembre	31	16	334 + i	350

ANEXO 2.5

Ángulos solares:

Ψ (Acimut del sol): Es el desplazamiento angular del sol con proyección hacia el norte, del este al oeste (para el hemisferio sur).

γ (Ángulo de elevación solar o altura solar): Es el ángulo comprendido entre la horizontal y una línea hacia el sol.

θ_z (Ángulo cenital): Ángulo entre una vertical y la línea hacia el sol.

θ (Ángulo de Incidencia): Ángulo formado por los rayos del sol y la normal al plano considerado.



Otros valores aprobados por la NASA (1971) y por las ASTM son:

$$428 \text{ BTU/ft}^2 \cdot \text{h}$$

(Notas sobre curso de energía solar. Dpto de procesos tecnológicos e industriales, división de ingeniería. Hermosillo, Juan Jorge; Gudiño David. Tlaquepaque, Jalisco. Febrero 1995).

ANEXO 2.7

Radiación extraterrestre media diaria mensual sobre una superficie horizontal, h_0 (mj/m²)

Latitud e	Jan 17	Feb 16	Mar 16	Apr 15	May 15	Jun e 11	July 17	Aug 16	Sep t5	Oct 15	Nov 14	Dec 10
60°S	41,1	31,9	21,2	10,9	4,4	2,1	3,1	7,8	16,7	28,8	38,4	43,6
55°S	41,7	33,7	23,8	13,8	7,1	4,5	5,6	10,7	19,5	30,2	39,4	43,9
50°S	42,4	35,3	26,3	16,8	10,0	7,2	8,4	13,6	22,2	32,1	40,3	44,2
45°S	42,9	36,8	28,6	19,6	12,9	10,0	11,2	16,5	24,7	33,8	41,1	44,4
40°S	43,1	37,9	30,7	22,3	15,8	12,9	14,1	19,3	27,1	35,3	41,6	44,4
35°S	43,2	38,8	32,5	24,8	18,6	15,8	17,0	22,0	29,2	36,5	41,9	44,2
30°S	43,0	39,5	34,1	27,2	21,4	18,7	19,8	24,5	31,1	37,5	41,9	43,7
25°S	42,5	39,9	35,4	29,4	24,1	21,5	22,5	26,9	32,8	38,1	41,6	43,0
20°S	41,5	39,9	36,5	31,3	26,6	24,2	25,1	29,1	34,2	38,5	41,1	42,0
15°S	40,8	39,7	37,2	33,1	28,9	26,8	27,6	31,1	35,4	38,7	40,3	40,8
10°S	39,5	39,3	37,7	34,6	31,1	29,2	29,9	32,8	36,3	38,5	39,3	39,3
5°S	38,0	38,5	38,0	35,8	33,0	31,4	32,0	34,4	36,9	38,1	37,9	37,6
0	36,2	37,4	37,9	36,8	34,8	33,5	33,9	35,7	37,2	37,3	36,4	35,6
5°N	34,2	36,1	37,5	37,5	36,3	35,3	35,6	36,7	37,3	36,3	34,5	33,5
10°N	32,0	34,6	36,9	32,9	37,5	37,0	37,1	37,5	37,0	35,1	32,5	31,1
15°N	29,5	32,7	35,9	38,0	38,5	38,4	38,3	38,0	36,5	33,5	30,2	28,5

20°N	26,9	30,7	34,7	37,9	39,3	39,5	39,3	38,2	35,7	31,8	27,7	25,7
25°N	24,1	28,4	33,3	37,5	39,8	40,4	40,0	38,2	34,7	29,8	25,1	22,9
30°N	21,3	26,0	31,6	36,8	40,0	41,1	40,4	37,9	33,4	27,5	22,3	19,9
35°N	18,3	23,3	29,6	35,8	39,9	41,5	40,6	37,3	31,8	25,1	19,4	16,8
40°N	15,2	20,5	27,4	34,6	39,7	41,7	40,6	36,5	30,0	22,5	16,4	13,7
45°N	12,1	17,6	25,0	33,1	39,2	41,7	40,4	35,4	27,9	19,8	13,5	10,7
50°N	9,1	14,6	22,5	31,4	38,4	41,5	40,0	34,1	25,7	16,9	10,4	7,7
55°N	6,1	11,6	19,7	29,5	37,6	41,3	39,4	32,7	23,2	13,9	7,4	4,8
60°N	3,4	8,5	16,8	27,4	36,6	41,0	38,8	31,0	20,6	10,9	4,5	2,3

Fuente: Kalogirou, Solar Energy Engineering, 2009

ANEXO 2.8

Conversiones útiles para radiación:

Unidad	Equivalencia
1 Watt (W)	1 Joule/segundo [J/s]
1 W*h	3600 [J]
1 Kw*h	3,6 [MJ]
1 W*h	3,4112 [BTU]
1 Caloría	0,001163 [BTU]
1 Caloría	4,187 [J]
1 cal/cm ²	11,63 [W.h/m ²]

1 MJ/m ²	0,27778 [kW.h/m ²]
1 MJ/m ²	277,7 [W.h/m ²]
1 MJ/m ²	23,88 [cal/cm ²]
1 BTU	252 [cal]
1 BTU	1,05506 [KJ]
1 cal/cm ² .min	60,29 MJ/m ² .dia

Fuente: Atlas de radiación solar de Colombia. www.upme.com

ANEXO 2.9

Constantes de Angstrom

CONSTANTES DE ANGSTROM	COSTA	SIERRA
A	0,28	0,23
B	0,54	0,56

Constantes de Angstrom

Fuente: Benavides, E. Diseño y construcción de una cocina solar experimental de tipo cilíndrico parabólico con aplicación al sector rural marginal. Paginas: 75-76. Sangolquí 2006.

ANEXO 2.10

Valores del albedo

Tipo de Superficie	Albedo
Nieve recién caída	0,9
Nieve aplastada	0,6

Suelo desnudo	0,15-0,25
Praderas	0,25-0,75
Mar en verano	0,05
Mar en invierno	0,1

Valores de albedo en función del tipo de superficie reflectante

Fuente: Energía solar y datos climáticos de Aragón. Pag. 146.

ANEXO 2.11

Valores de la reflexión y absorción

Reflexión y absorción del vidrio	α_g	0,1
Reflexión y absorción del agua y fondo del destilador	α_a	0,3

Fuente: COOPER, P. Some factors affecting the absorption of solar radiation in solar stills, 1972.

ANEXO 2.12

Valores constantes y variables

Constante/Variable	Símbolo	Valor	Referencia
Temperatura de entrada del agua	T_{w_e}	16°C/289°K	Medida
Temperatura media del agua	T_w	42,95°C/315,95°K	(Rodriguez & Saavedra, 2008, pág. 137)
Temperatura	T_a	16°C/289°K	(Rodriguez & Saavedra,

ambiente			2008, pág. 86)
Temperatura media del vidrio	T_g	34,81°C/307,81°K	(Rodriguez & Saavedra, 2008, pág. 137)
Temperatura de la bandeja colectora	T_b	35,5°C/308,5°K	(Hueza & Morán, 2012, pág. 54)
Espesor plancha de acero inoxidable	X1	0,003m	(Hueza & Morán, 2012, pág. 65)
Espesor plancha de lana de vidrio	X2	0,051m	(Hueza & Morán, 2012, pág. 65)
Espesor plancha de hierro tol	X3	0,002m	(Hueza & Morán, 2012, pág. 65)
Coeficiente de conductividad térmica. Acero Inoxidable	K1	14,9 W/m.°K	(Incropera & Dewitt, 1999, pág. 827)
Coeficiente de conductividad térmica. Lana de vidrio	K2	0,049 W/m.°K	(Incropera & Dewitt, 1999, pág. 834)
Coeficiente de conductividad térmica. Hierro	K3	51,9 W/m.°K	(Incropera & Dewitt, 1999, pág. 827)
Velocidad promedio del viento	V	2,5 m/s	(Rodriguez & Saavedra, 2008, pág. 86)
Emisividad del vidrio	ε_g	0,94	(TESTO ARGENTINA, 2010)
Emisividad del agua	ε_w	0,97	(TESTO ARGENTINA,

			2010)
Emisividad del acero inoxidable	ϵ_{ss}	0,1	(TESTO ARGENTINA, 2010)
Constante de Stefan Boltzman	σ	$5,6704 \times 10^{-8}$	(Cengel & Boles, 2007)
Altura (Quito)		2850 msnm	(INAHMI, 2010)
Densidad del aire	ρ_a	$0,92 \text{ Kg/m}^3$	(Cirsoc, 2010)
Calor especifico del aire	C_{p_a}	$1,005 \text{ KJ/kg.}^\circ\text{K}$	(Cengel & Boles, 2007, pág. 885)
Calor latente de evaporación	λ	$2385,66 \text{ KJ/Kg}$ a T_w	(Klein & Alvarado, 2014, pág. 13)
Presión total	PT	101325 Pa	(Cengel & Boles, 2007)
Espesor del vidrio	E_g	0,003m	(CENSOLAR, 2010)
Densidad del vidrio	ρ_g	2700 Kg/m^3	(Cengel & Boles, 2007)
Volumen del agua a destilar	V	$0,003 \text{ m}^3$	
Calor especifico del vidrio	C_{p_g}	$0,80 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{K}$	(Cengel & Boles, 2007)
Calor especifico del agua	C_{p_w}	$4,22 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{K}$	(Cengel & Boles, 2007)
Densidad del agua	ρ_w	1000 Kg/m^3	(Cengel & Boles, 2007)
Humedad relativa	Hr	0,63%	(http://186.42.174.231/publicaciones/Anuarios/Meteoro/Am%202010.pdf)
Pesor molar del aire	PM aire	$28,97 \text{ Kg/kg mol de aire}$	(Cengel & Boles, 2007)

Pesor molar del agua	PM agua	18,015 Kg/kg mol	(Cengel & Boles, 2007)
Coeficiente convectivo de transferencia de calor del aire	h_a	$10 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	(Incropera & Dewitt, 1999)
Coeficiente convectivo de transferencia de calor del agua	h_w	$3000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	(Incropera & Dewitt, 1999)

ANEXO 2.13

Propiedades mecánicas típicas para planchas laminadas en frío. Manual IBCA

AUSTENÍTICOS							
AISI	ASTM (UNS)	Límite de Resistencia (MPa)	Límite de Resistencia (MPa)	Alargamiento 50mm(%)	Dureza Rockwell-B (HRB)	Límite de Fatiga (MPa)	Embutimiento Erichsen (mm)
304	S30400	700	300	54	85	241	12
304L	S30403	600	240	45	85	-	12
316	S31600	620	300	52	85	269	12
316L	S31603	530	260	45	88	-	12

ANEXO 2.14

Características de algunos de los aislantes más frecuentemente utilizados:

Material	Conductividad térmica a 50°C [W/m ² .K]	Temperatura máxima de utilización [°C]	Observaciones
Lana de vidrio	0.050	150	Sensibilidad a la humedad
Lana de roca	0.050	150	Sensibilidad a la humedad
Espuma de vidrio	0.057	150	
Corcho expandido	0.052	110	
Poliestireno	0.042	85	Moldeado
Poliuretano	0.027	110	Espuma

Instalaciones de energía solar, CENSOLAR.

ANEXO 2.15

Espesores mínimos en aislamientos térmicos

Espesor para aparatos y depósitos	
Superficie (m ²)	Espesor (mm)
≤ 2	30
> 2	50

Los espesores son validos para materiales con conductividad térmica referencial de 0,04 W/m².K a 20°C.

ANEXO 2.16

Valores del volumen recolectado en un destilador solar

Día	Volumen de agua colectado <i>lt</i>
01-feb-2012	0,50
02-feb-2012	0,45
03-feb-2012	0,60
04-feb-2012	2,15
05-feb-2012	1,90
06-feb-2012	1,90
07-feb-2012	2,05
08-feb-2012	0,85
09-feb-2012	2,70
10-feb-2012	2,30
11-feb-2012	2.00
12-feb-2012	2.00
13-feb-2012	2.00
14-feb-2012	3.00
15-feb-2012	3,25
Promedio	1.84

Fuente: (Hueza & Moran, 2012)

ANEXOS CAPITULO 3

ANEXO 3.1

Instrumentación utilizada en la toma de temperaturas de las diferentes partes del destilador solar



Termómetro para refrigeración, utilizado para tomar la temperatura interna del vidrio y del fondo de la bandeja colectora

ANEXO 3.2

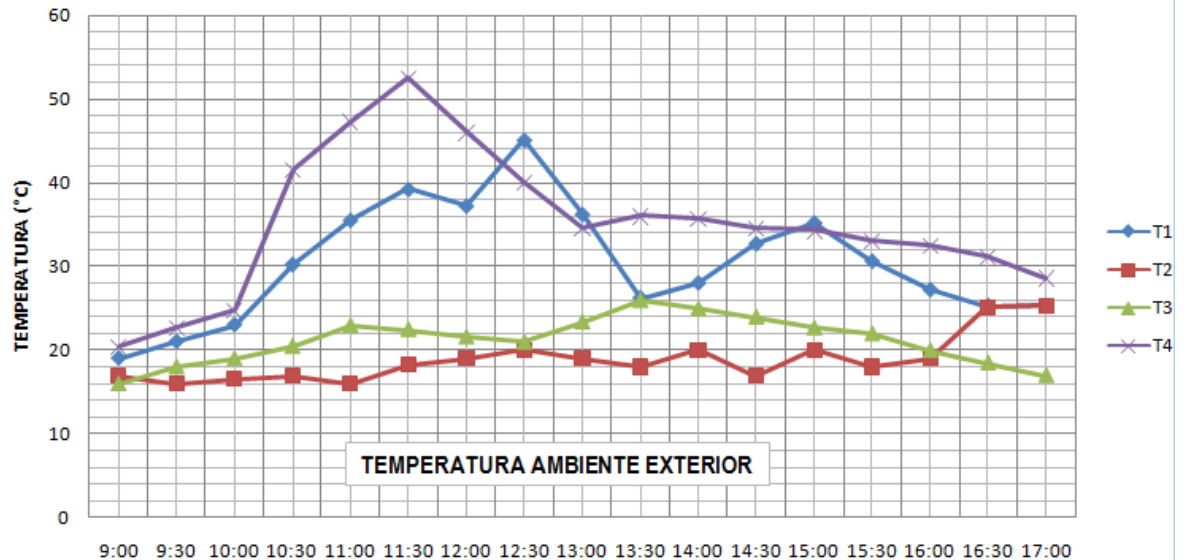


Termómetro bimetalico de acero inoxidable, utilizado para tomar la temperatura del agua

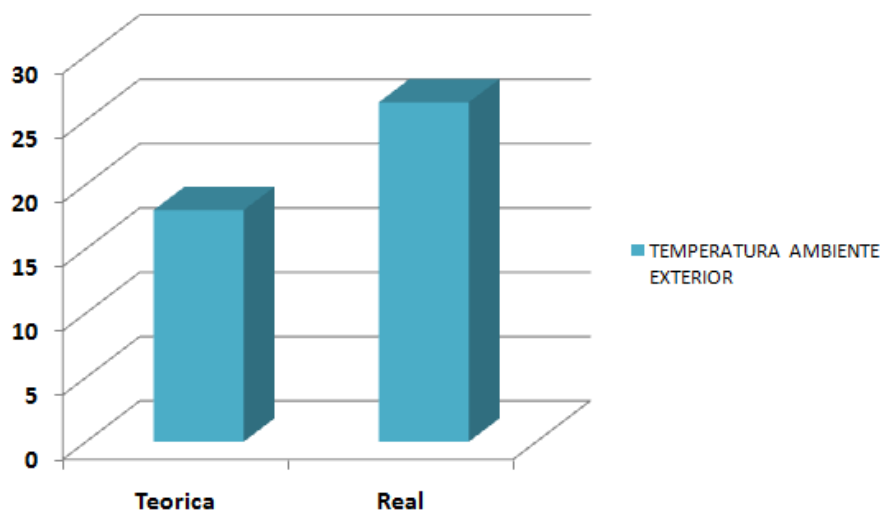
ANEXO 3.3

1	REGISTRO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR EN LOS DIAS DE PRUEBA				
2					
3	RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444
4	DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015
5	HORA	T1	T2	T3	T4
6	9:00	19	17	16	20.4
7	9:30	21	16	18	22.7
8	10:00	23	16.5	19	24.7
9	10:30	30.2	17	20.5	41.6
10	11:00	35.5	16	23	47.3
11	11:30	39.2	18.3	22.5	52.5
12	12:00	37.2	19	21.6	46
13	12:30	45.1	20	21	40
14	13:00	36.2	19	23.4	34.5
15	13:30	26.21	18	26	36
16	14:00	28	20	25	35.7
17	14:30	32.7	17	24	34.6
18	15:00	35.2	20	22.7	34.3
19	15:30	30.6	18	22	33
20	16:00	27.2	19	20	32.5
21	16:30	25.29	25.2	18.5	31.2
22	17:00	25.31	25.3	17	28.6

TEMPERATURA VS TIEMPO (h)

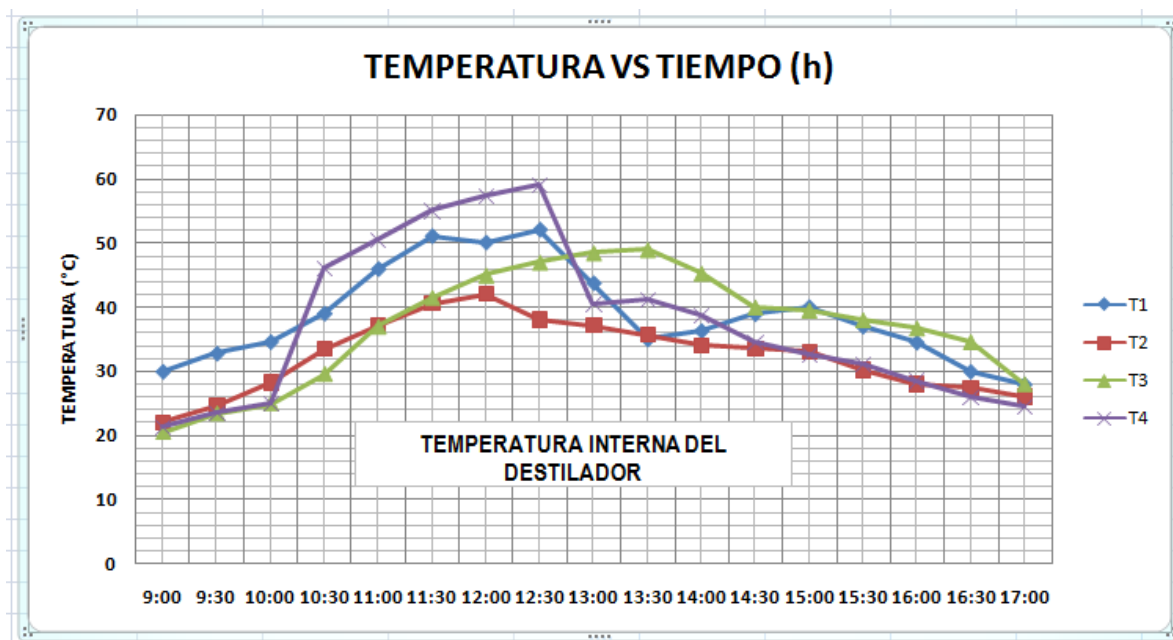


T_{bc} (teórica) °C	T_{bc} (real) °C	Diferencia entre temperaturas
18	26.38	8.38



ANEXO 3.4

1	REGISTRO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR EN LOS DIAS DE PRUEBA				
2					
3	RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444
4	DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015
5	HORA	T1	T2	T3	T4
6	9:00	30	22	20.5	21.3
7	9:30	32.8	24.5	23.4	23.4
8	10:00	34.6	28.2	25	25
9	10:30	39	33.4	29.6	46
10	11:00	45.9	37.1	37	50.5
11	11:30	51	40.5	41.5	55
12	12:00	50	42	45	57.4
13	12:30	52	38	47	59
14	13:00	43.7	37.1	48.5	40.5
15	13:30	35	35.6	49	41.2
16	14:00	36.3	34	45.3	38.6
17	14:30	38.9	33.5	40	34.5
18	15:00	40	33	39.5	32.5
19	15:30	37	30.2	38	31
20	16:00	34.5	28	36.7	28.5
21	16:30	30	27.4	34.6	26
22	17:00	28	26	28	24.5

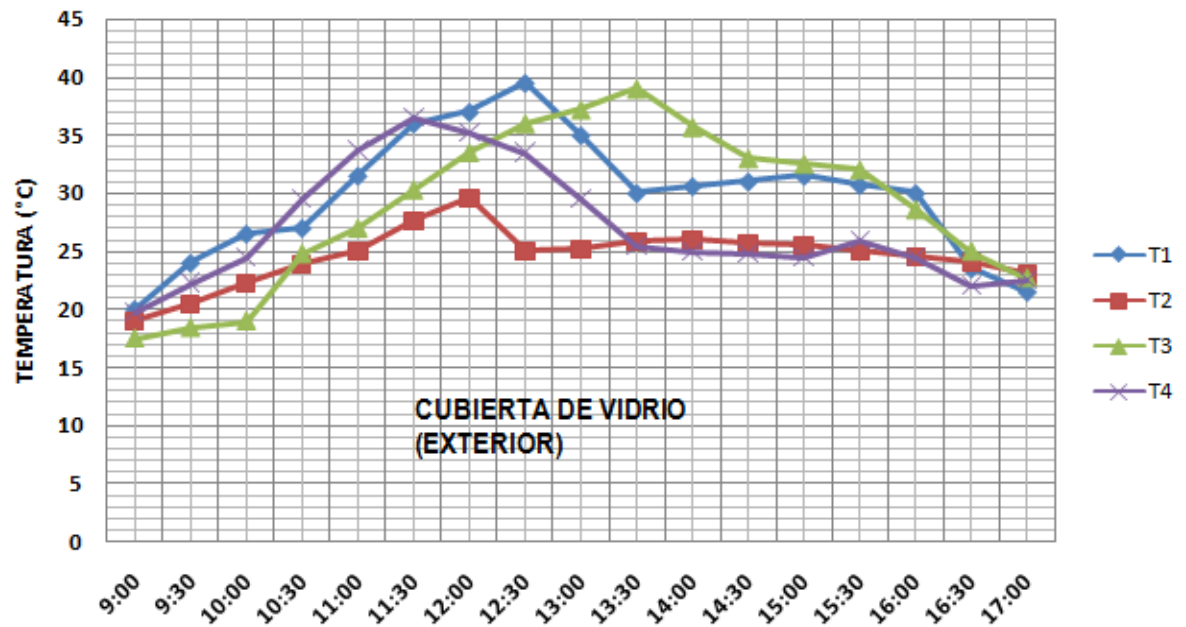


ANEXO 3.5

REGISTRO DE LA TEMPERATURA EXTERIOR DEL VIDRIO EN LOS DIAS DE PRUEBA

RADIACION	642	590.285714	652.857143	665.444444	637.646825
DIA	28/01/2015	29/01/2015	30/01/2015	02/02/2015	
HORA	T1	T2	T3	T4	
9:00	20	19	17.5	19.8	
9:30	24	20.5	18.4	22.3	
10:00	26.5	22.3	19	24.5	
10:30	27	23.9	24.8	29.5	
11:00	31.5	25	27	33.7	
11:30	36	27.6	30.3	36.5	
12:00	37	29.6	33.5	35.2	
12:30	39.5	25	36	33.5	
13:00	35	25.2	37.2	29.5	
13:30	30	25.8	39	25.5	
14:00	30.6	26	35.7	25	
14:30	31	25.7	33	24.8	
15:00	31.5	25.5	32.5	24.5	
15:30	30.7	25	32	26	
16:00	30	24.5	28.6	24.5	
16:30	23.5	24	25	22	
17:00	21.5	23	22.7	22.5	
PROMEDIO	29.7235294	24.5647059	28.9529412	27.0176471	27.5647059
TEMPERATURA PROMEDIO EXPERIMENTAL PARA COMPARACION CON TEMPERATURA TEORICA					

TEMPERATURA VS TIEMPO (h)



ANEXO 3.6

Instrumentación que se utilizo para las medir las temperaturas del vidrio (exterior), ambiente interior y ambiente exterior:



ANEXO 3.7

Análisis de resultados del agua de vertiente antes y después del proceso



SEIDLaboratory Cia. Ltda.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO 89735

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como: AGUA DESTILADA

CODIGO LABORATORIO: 89735-1

TIPO DE PRODUCTO: AGUA

CLIENTE: FLORES NICOLALDE CAROLINA

DIRECCION: URB. LOS CIPRESSES 2 COLA. PEDRO RUBENS

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: FRASCO ESTERIL CON TAPA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 15/02/04

FECHA INICIO ENSAYO: 15/02/04

CONTENIDO DECLARADO: ND

CONTENIDO ENCONTRADO: ND

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 4 ° C

FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

Humedad relativa 29,5 %

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODOS	UNIDAD	RESULTADOS
COLOR REAL	SEM-AB COL (STANDARD METHOD 2120C)	Unid. Pt-Co	12,05
pH	SEM-AB pH (STANDARD METHOD 4500-H+B)	---	8,26
TURBIDEZ	SEM-AB TURB (STANDARD METHOD 2130B)	NTU	0,80
DUREZA TOTAL	TITULOMÉTRICO	mg/L	<17,8
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aerobios	INEN 1529-5	UFC/ml	89
Coliformes totales	INEN 1529-6	NMP/100ml	<1,8
Mohos y levaduras	INEN 1529-10	UPM/ml	45

NS: No solicita el cliente / ND: No declara

Datos tomados del cuaderno FQ AGUAS # 2 Pág. 81 / Carpeta Ambiental / Microbiológico 73 Pág. 147A

INCERTIDUMBRE:		
PARÁMETRO AMBIENTAL	INCERTIDUMBRE	La incertidumbre expandida reportada está basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%
pH	$\pm C^*U$; $U=0,03$; $L=C^*X$ (AGUAS SUPERFICIALES)	
COLOR	$\pm C^*U$; $U=0,80$; $L=C^*X$ (Rangos ≤ 10 UC)	

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,


Dra. Mayra Vinuesa
Director de Calidad
Director Técnico (E)

15/02/11
FECHA EMISION

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario. Muestras no perecibles: 30 días calendario.
Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el período estipulado.



Instituto Nacional
de Investigación
en Salud Pública INSPI

PROCESO DE ZOONOSIS

Fecha Recepción: 13-01-2015 Fecha entrega: 20-01-2015
Muestra: Agua de vertiente REG: 01/2015
Procedencia: Jatumpamba Propietario: Srta. Carolina Flores
Provincia: Pichincha Cantón: Quito Parroquia: Minas
Remite: Srta. Carolina Flores Tlf: 2535-522

LABORATORIO: BACTERIOLOGIA

Análisis Bacteriológicos.- Gérmenes /cc de muestra

Muestra	RTC	Coliformes Totales	E. coli
Agua de vertiente	320x 10 ¹ UFC	17 x 10 ¹ UFC	3 X 10 ¹ UFC

EQUIVALENCIAS:

RTC	Recuento total de colonias
UFC	Unidades formadoras de colonia

DICTAMEN:

Muestra **NO APTA** para el consumo humano

Tomado de la Norma INEN N° 1830


Dr. Luis Hidalgo A.
PROFESIONAL RESPONSABLE



Panamericana Sur Km 12 1/2 entrada al Batario Junto a PetroEcuador (SECTOR EL BATARIO)
TEL: 2600-806
CORREO: lab_yat_loquiza_peres@hotmail.com



Resultado antes del proceso acreditado por el instituto nacional de investigación de salud pública (inspi)



Instituto Nacional
de Investigación
en Salud Pública INSPI

PROCESO DE ZOONOSIS

Fecha Recepción: 02-02-2015 Fecha entrega: 06-02-2015
Muestra: Agua de vertiente
procesada REG: 02/2015
Procedencia: Jatumpanba Propietario: Sra. Carolina Flores
Provincia: Pichincha Cantón: Quito Parroquia: Minas
Resita: Sra. Carolina Flores Tlf: 2535-527

LABORATORIO: BACTERIOLOGIA
Análisis Bacteriológicos.- Gérmenes /cc de muestra

Muestra	RTC	Coliformes Totales	E. coli
Agua de vertiente procesada	5 UFC	1 UFC	0 UFC

EQUIVALENCIAS:

RTC:	Recuento total de colonias
UFC:	Unidades formadoras de colonias

DICTAMEN:

Muestra **APTA** para el consumo humano
Tomado de la Norma INEN N° 1838


Dr. Luis Hidalgo A.
PROFESIONAL RESPONSABLE



Parameritara Sur Km 12 1/2 entre el Beñalito y el Petróleo Ecuador (SECTOR EL BEÑALITO)
TSP: 2090-005
CORREO: lab_yet_lopez@bolton.com



Resultado después del proceso acreditado por el Instituto Nacional de investigación de salud publica (INSPI)

ANEXOS CAPITULO 4

ANEXO 4.1

Materiales utilizados para la construcción del destilador solar

a)

EL FUTURO DE SU CONSTRUCCIÓN

DISMAHIERRO
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Av. Mariscal Sucre Lote N° 1 • N71-879 (Junto Al C.C. Condado)
Telf.: 280 1044 • Telefax: 280 1016 • Cel: 099 854 5250 • Quito - Ecuador
MORA MARIA MARGARITA
R.U.C. 1717886426001
AUTORIZACION SRI: 1115745305 / 16 / OCTUBRE 2014
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

FACTURA
001-001-000139151

Cliente: FLORES CAROLINA
Dirección: URB. LOS CIPRESSES 2
RUC / CI: 1709459646
Telf.: 3570610
Vencimiento: 10/01/2015
Fecha de Emisión: 10-Enero-2015
G. Remisión:

CODIGO	ARTICULOS	CANTIDAD	P. UNITARIO	V. TOTAL
TUBO-0023	TUBO CUADRADO 1 1/2 X 2.0	2	14.900	29.80
ANGU-0001	ANGULO 20 X 2	2.00	4.360	8.72
<p>Debo y pagaré a la orden de María Margarita Mora, plazo y en la ciudad de Quito, la cantidad indicada en esta factura, por concepto de mercaderías recibidas sin protestos ni avisos, con el interés legal por mora a partir de su vencimiento.</p> <p>ATENCIÓN: Favor emitir y enviar comprobante de retención dentro de los 5 días de emisión de la factura Art. 89 LTRI NO SE ACEPTAN RETENCIONES PASADO ESTE TIEMPO</p>				<p>Descuento \$ 0.00</p> <p>Base Imponible con Tarifa 0.2% \$ 38.58</p> <p>Base Imponible con Tarifa 1.2% \$ 4.64</p> <p>I.V.A. \$ 43.32</p> <p>TOTAL \$</p>

Original: Adjuntado - Copia Remite: Emisor - Copia Cliente: Sin Valor - Copia Tercero: Sin Valor

Impresión: P. 001 - CARÁTULA BRONCE - Remite: Domicilio: Sigüenza y Pánfilo - R.U.C. 1711114442001 - NITF: 380 - 27400 - 010 - 274001277
R. U. C. 001-001-000139151 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015 - 10/01/2015

b)

A&A
Aceros & Asociados
Aceros especiales - Bronces
Polímeros - Pernos de acero

Los Cipreses Uno Av. de La Prensa
N71-124 y Pablo Picasso
Telf.: 3570 895 • Quito - Ecuador

Señor (a): CAROLINA FLORES
R.U.C. / C.I.:
Dirección:

R.U.C. 0903091437001
PROFORMA
0000091
FECHA: 6 02 2015
LUIS SIGIFREDO FLORES AREVALO

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
2	DISCOS OCER 4 1/2 X 1 1/2 X 7/8	1.50	3.00
	PLATINA 1" V 6mts (hino).		48.00
1	DISCO Pelt vu.	5.82	5.82
	ANGULO 1x0x 25 x3mm x 4.92m.		49.72
4	PERNAS 3/8 UNCL 0.06 1/4	0.06	0.24
3	PERNAS 3/8 x 3 mm	0.15	0.45
1.6	ALICAT TRANS 3/4 x 1/2 RETASS	2.42	3.87
2	ESPATULA SIRONG	2.00	4.00
2	ESPATULA MADURA	2.20	4.40
1	SILICON CARNUCITO	3.75	3.75
	CAUCHO PERFIL DESFILADOS	8.00	8.00
Son:		SUB-TOTAL	131.25
		I.V.A. 0 % \$	
Obligado a Llevar Contabilidad		I.V.A. 1 % \$	1.31
Firma Autorizada		TOTAL \$	132.56

c)

d)

154

e)



SERTEMEC
Servicios Técnicos Mecánicos
ASISTENTE TECNICO JUNTA Y DIRECTORIAL

FLORES AREYALO LUIS SIGIFREDO
RUC: 0903091437001

Dirección: David Ledesma N63-71 y Pablo Palacio
Teléfonos: (02)2 535-522 / (02)2 535-515 **Móvil:** 0937781-068 / 0986343399
E-mail: sertemec@hotmail.com
Quito-Ecuador

PROFORMA No. 123

FECHA: Quito, 08 de Diciembre del 2014. **RUC.:**
SEÑOR(ES): Srta. CAROLINA FLORES **TELEFONO:** (03)84454080
DIRECCIÓN:

CANT.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
1	Provision de plancha de acero inoxidable 304, espesor 1mm. de dimensiones 1442 x 852mm.	\$ 63.02	\$ 63.02
1	Provision de plancha de hierro tol galvanizada, espesor 14mm. de dimensiones 1423 x 835mm.	\$ 16.82	\$ 16.82
1	Provision de lana de vidrio, dimensiones 1346 x 756 x espesor 50mm.	\$ 15.00	\$ 15.00
TOTAL:		\$ 94.84	

Son: Noventa y cuatro con 84/100 **** dólares.

Nota:

* En estos precios no está incluido el IVA.
 * **Tiempo de entrega:** Inmediato

Atentamente

Ing. Luis Flores
SERTEMEC





f)



ferrituvalco
IMPORTADORES INDUSTRIALES

Matriz: David Ledesma N69-31 Y Miguel Moreno (COTOCOLLAO)
 16655 Teléfonos: 259-6560 253-0659 Telefax: 259-9558
 Celular: 0994690232
 E-mail: tuvalco.ventas@ferrituvalco.com
 ferrituvalco@ferrituvalco.com
 Quito - Ecuador




Cliente: LUIS SIGIFREDO FLORES AREYALO
R.U.C./C.I. 0903091437001
Dirección: DAVID LEDESMA N69-71 Y PABLO PALACIOS
Teléfono: 2535522
Orden de Compra:

R.U.C 1792073898001
FACTURA 001-001-00 0016655
AUT. S.R.I. 1115779658
 FECHA DE AUTORIZACIÓN E IMPRESIÓN: 22 DE OCTUBRE DE 2014
 Fecha: 2 de Febrero de 2015
 Forma de pago: Crédito 30 días
 Guía de remisión:

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VUNITARIO	V. TOTAL
22 001283	3.00	SS UNION 150 NPT 316 1/2"	2.60	7.80
261001760191	3.00	SS NIPLO SCH 40 NPT 316 1/2" X COBRIDO	3.46	10.38
20 0001231	3.00	SS VAL DE BOLA 1000 2C NPT 316 1/2" C/S	9.95	29.85
3 000604	1.00	SSS 304 FERRUL CORTO 1 1/2"	2.70	2.70
26 001760190	1.00	SS NIPLO SCH 40 NPT 316 3/4" X 4"	4.80	4.80
26 001724	1.00	SS NIPLO SCH 40 NPT 304 3/8" X 4"	4.70	4.70
22 001245	1.00	SS CODO 90° 150 NPT 316 3/4"	2.80	2.80
22 001242	1.00	SS CODO 90° 150 NPT 316 3/8"	1.37	1.37
14 002009	2.00	HQ UNIVERSAL NPT 150 1 1/2" GT	12.18	24.36
14 002059	2.00	HQ NIPLO ASTM 1 1/2" X 4"	5.45	11.30
14 002009	2.00	HQ UNIVERSAL NPT 150 1 1/2" GT	12.18	24.36
22 001283	1.00	SS UNION 150 NPT 316 1/2"	2.60	2.60
26 001760198	1.00	SS NIPLO SCH 40 NPT 316 1 1/2" X 3"	2.39	2.39
22 001281	1.00	SS UNION 150 NPT 316 3/8"	1.30	1.30
21 001050	1.00	SS ADAPTADOR 150 MNPT 316 3/8" X 3/8" MANG	2.80	2.80
GUÍAS: 8130-8163-8169-8177-8184				

ANEXO 4.2

Costos de mano de obra

 SERTEMEC Servicio Técnico Mecánico <small>MAINTENIMIENTO YATIL Y ELECTRICIDAD</small>		FLORES AREVALO LUIS SIGIFREDO RUC: 0903091437001	
Dirección: David Lederman 69-71 y Pabla Palacia Teléfono: (02)2535-522 / (02)2535-515 Móvil: 0997781-068 / 0986343999 E-mail: sertemec@hotmail.com Quito-Ecuador			
PROFORMA No. 123			
FECHA: Quito, 08 de Diciembre del 2014.		RUC.:	
SEÑOR(ES): Srta. CAROLINA FLORES		TELÉFONO: (09)84454080	
DIRECCIÓN:			
CANT.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
1	Construcción de bandeja en plancha de acero mate 304 inoxidable espesor 1,0mm dimensiones 1442 x 852mm, corte de doble cos, soldadura con procoxa	\$ 40.00	\$ 40.00
1	dimensiones 1442 x 852 x 0,80 metros, con suelda MIG y al arco, incluye montaje de recolector de	\$ 50.00	\$ 50.00
1	Techo en acero inoxidable de 1" x 1" ángulo 120" x 1,38 x 0,49 en dar modular, incluye material y mano	\$ 30.00	\$ 30.00
1	Colocación de plancha de hierro tall galvanizada para doble fanda dimensiones 835 x 1423 espesor	\$ 20.00	\$ 20.00
1	Soldadura con procoxa TIG de acople para entrada y salida de agua.	\$ 15.00	\$ 15.00
	TOTAL:	\$ 155.00	
Sum: Ciento cincuenta y cinco **** dólares.			
Nota:			
* En estas proformas no está incluido el IVA.			
* Tiempo de entrega: 3 días laborables a partir de la aceptación de la proforma enviada.			
Atentamente:  Inq. Luis Flores SERTEMEC			

ANEXO 4.3

Costos indirectos



SEIDLaboratory Cia. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO
R.U.C.: 1792280788001

FECHA: 2014/10/16
Sr (es): FLORES NICOLALDE CAROLINA
Dirección: URB LOS CIPRESSES 2 COLA PEDRO RUBENS
R.U.C./C.I.: 1709459464

FACTURA
001-001-00 **0010604**
AUT. S.R.I.: 1115327823

Tel: 00986343999 00002535522

CANT.	DESCRIPCIÓN	V.UNIT.	V.TOTAL
1	MICRO BASICO	37.00	37.00
1	DUREZA TOTAL AGUA	8.00	8.00
1	PH	5.00	5.00
1	TURBIDEZ AGUA	12.00	12.00
1	COLOR	10.00	10.00

INF: 6791 S1
MUESTRAS:AGUA
FACT. ENVIADA A:DR. AREVALO

0.00 DESCUENTO

SUBTOTAL 68.40

VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA CERO 0.00

VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA 12 % IVA 8.21

TOTAL USD \$ 76.61

AGRADECEROS ENTREGAR CHEQUE CANCELADO A NOMBRE DE SEIDLaboratory CIA. LTDA.
ENTREGAR EL COMPROBANTE DE RETENCIÓN DENTRO DE LOS PRIMEROS 3 DIAS DE RECIBIDA LA FACTURA CONFORME A LA LEY ORGANICA DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO



SEIDLaboratory Cia. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO
R.U.C.: 1792280788001

FECHA: 2015/02/04
Sr (es): FLORES NICOLALDE CAROLINA
Dirección: URB LOS CIPRESSES 2 COLA PEDRO RUBENS
R.U.C./C.I.: 1709459464

FACTURA
001-001-00 **0011835**
AUT. S.R.I.: 1115327823

Tel: 00986343999 00002535522

CANT.	DESCRIPCIÓN	V.UNIT.	V.TOTAL
1	AEROBICOS	13.00	13.00
1	COLIFORMES TOTALES	11.00	11.00
1	MHDS Y LEVADURAS	13.00	13.00
1	DUREZA TOTAL AGUA	8.00	8.00
1	PH EN AGUA	5.00	5.00
1	TURBIDEZ AGUA	12.00	12.00
1	COLOR AGUA	10.00	10.00

INF: 7324
MUESTRAS:AGUA DESTILADA
FACT. ENVIADA A:ING CAROLINA FLORES

0.00 DESCUENTO

SUBTOTAL 72.00

VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA CERO 0.00

VALOR TRANSFERENCIAS CON TARIFA 12 % IVA 8.64

TOTAL USD \$ 80.64

AGRADECEROS ENTREGAR CHEQUE CANCELADO A NOMBRE DE SEIDLaboratory CIA. LTDA.
ENTREGAR EL COMPROBANTE DE RETENCIÓN DENTRO DE LOS PRIMEROS 3 DIAS DE RECIBIDA LA FACTURA CONFORME A LA LEY ORGANICA DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO

Fecha:	01/02/2015	R.U.C.:	
Empresa-Cliente:	CAROLINA FLORES NICOLAI	Código de Remisión:	1709458646
Dirección:	PICHINCHA	Teléfono:	0984514000
Código:	PRESTACION DE SERVICIOS	Referencia	

FACTURA

S 001-001-00 0008299

Autorización S.R.I N° 1114704688

AUTORIZACIÓN S.N.I.N° 1114704688			
CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	V. TOTAL
1	Análisis microbiológico de agua	22,05	22,05

509: VEINTE Y DOS DOLARES-05/100

Forma de Pago: ☒ Dinero ☐ Cheque Certificado No. _____


PERSON RESPONSIBLE

[Signature]
ORIGINAL RECEIVED

SUB-TOTAL	22,05
-----------	-------

22,05

IVA	0%	
-----	----	--

□

INA	%	C
-----	---	---

11. **Yes**

TOTAL	22,05
-------	-------

22.05

© 2014 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 275: 103–112

ORIGINAL DOCUMENT: 1004 COPRA 540004 1004 COPRA 540004 1004 COPRA 540004 1004 COPRA 540004

ANEXO 4.4

Construcción

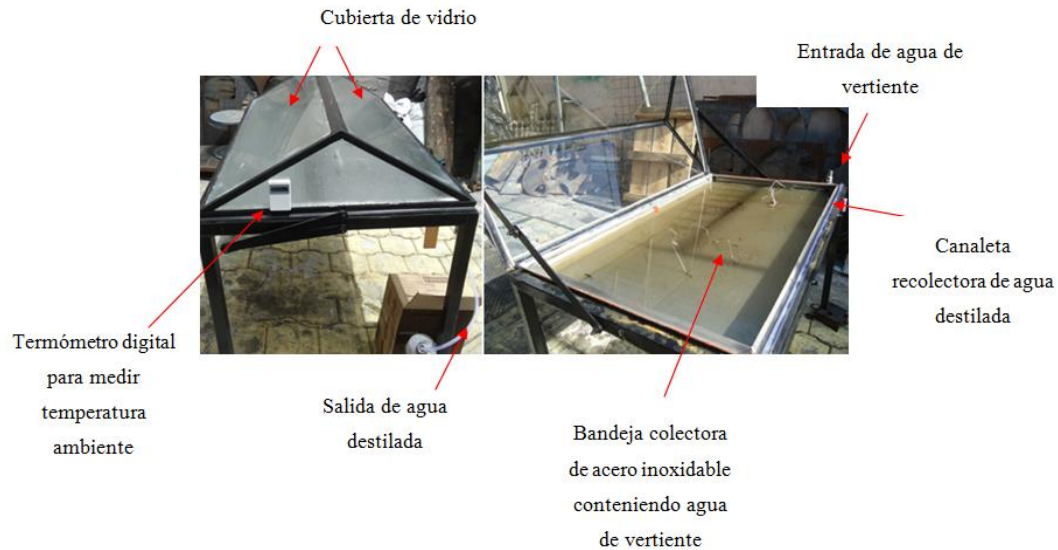




ANEXO 4.5

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA DESTILADOR SOLAR DE AGUA

PARTES PRINCIPALES



FICHA TÉCNICA

Descripción: Destilador solar de agua de doble vertiente

Medidas (mts): 1,44 (L) x 0,79 (a) x 0,83 (h)

Peso: 200 kg

Material: Acero inoxidable AISI 304, hierro SAE 1010

Capacidad de contenido: 0,01 m³

Capacidad de producción: 0,003 m³

Año de fabricación: 2014

Fabricado por: Raquel Carolina Flores Nicolalde

OPERACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR

El manejo del destilador solar de doble vertiente es muy simple, se debe seguir los siguientes pasos para su buen uso:

1. Posicionar el sistema según coordenadas solares, teniendo en cuenta que el sol sale por el Este y recoge por el Oeste, evitar espacios muy cerrados debido a las sombras.
2. Nivelar el sistema de tal forma que el líquido que se encuentre en la bandeja colectora tenga la misma proporción de altura en toda su área.
3. Limpieza del sistema, controlando que la cubierta de vidrio esté libre de polvos y suciedad interna y externamente, de modo que haya libre paso de la radiación solar.
4. Es importante que las canaletas que recogen el destilado se encuentren limpias para evitar contaminación del líquido tratado, si es posible ayudarse con alcohol o algún desinfectante con aplicación alimenticia.
5. Cerrar la cubierta de vidrio accionando con un poco de presión los seguros de las manijas de tal modo que el sistema tenga la hermeticidad que se necesita para alcanzar el proceso de calentamiento y evaporación de agua sin que haya fugas de calor y vapor.
6. Empezar el llenado con el agua de vertiente, se lo puede hacer por medio de envases o directamente con una manguera por medio del acople de entrada de agua.
7. Asegurarse de la altura o nivel que alcance el líquido que ingresa por medio de la regleta interna colocada en la bandeja colectora, esto depende del usuario.
8. El envase colocado a la salida del condensado o agua tratada, debe estar completamente limpio, cerrado y esterilizado para evitar contaminación del agua de consumo.
9. Es importante chequear el nivel de agua pasando un día, ya que la bandeja no puede quedar seca.

MANTENIMIENTO

El Destilador de agua natural para producir el elemento vital en zonas alejadas de las ciudades y de los pueblos del Ecuador, requiere de un plan de mantenimiento que permita obtener el mejor rendimiento al equipo en condiciones de producción estándar similares a las experimentadas en el proceso de pruebas.

El plan de mantenimiento para un destilador típico como el del ejemplo se subdivide en dos ramales:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Es aquel que se llevará a cabo diariamente, semanalmente y mensualmente.

- Diariamente y antes de que el sol haga su efecto en las mañanas, se deberá abrir la compuerta superior del destilador, se desalojará el agua a través del drenaje que también sirve de alimentador, se debe limpiar con un trapo de algodón humedecido, los vidrios del techo tanto por la parte externa como por la parte interna para que mejore el paso de los rayos del sol y se produzca una mejor conexión del calor solar.
- Semanalmente, se hará limpieza de la bandeja recolectora de agua natural una vez que se haya vaciado completamente el agua y los desechos que quedan en el fondo por precipitación. De igual forma que en el ítem anterior, se limpiará el fondo y los lados de la bandeja con un trapo de algodón humedecido para eliminar trazas de tierra, vegetación que entra con el agua y eliminar la opacidad producida por hongos.
- Mensualmente se repetirán los dos pasos anteriores y se inspeccionarán los sensores de temperatura, humedad y ambiente y los instrumentos indicadores, se limpiarán cuidadosamente, se verificarán que no existan daños en los mismos y de ser el caso, cambiarán los que presenten cualquier tipo de problema.

PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO: Es el plan que se programará para cada 6 meses y 12 meses respectivamente:

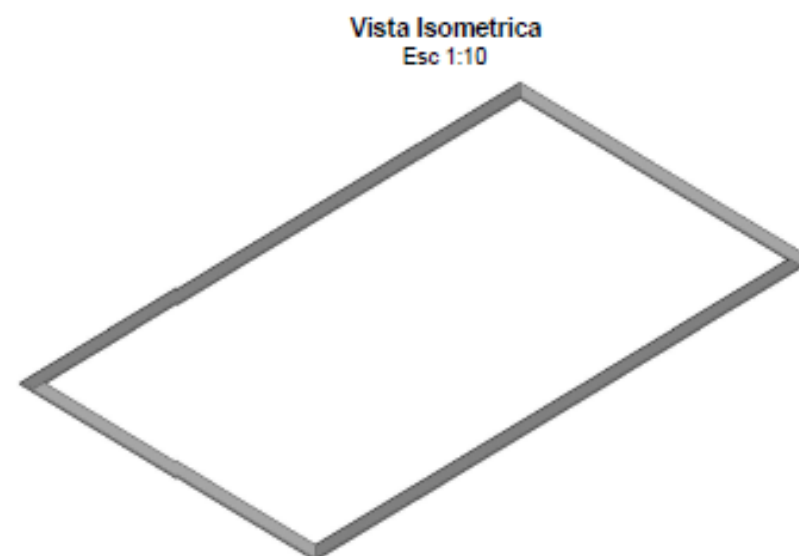
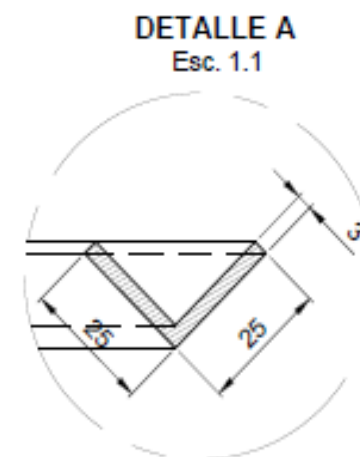
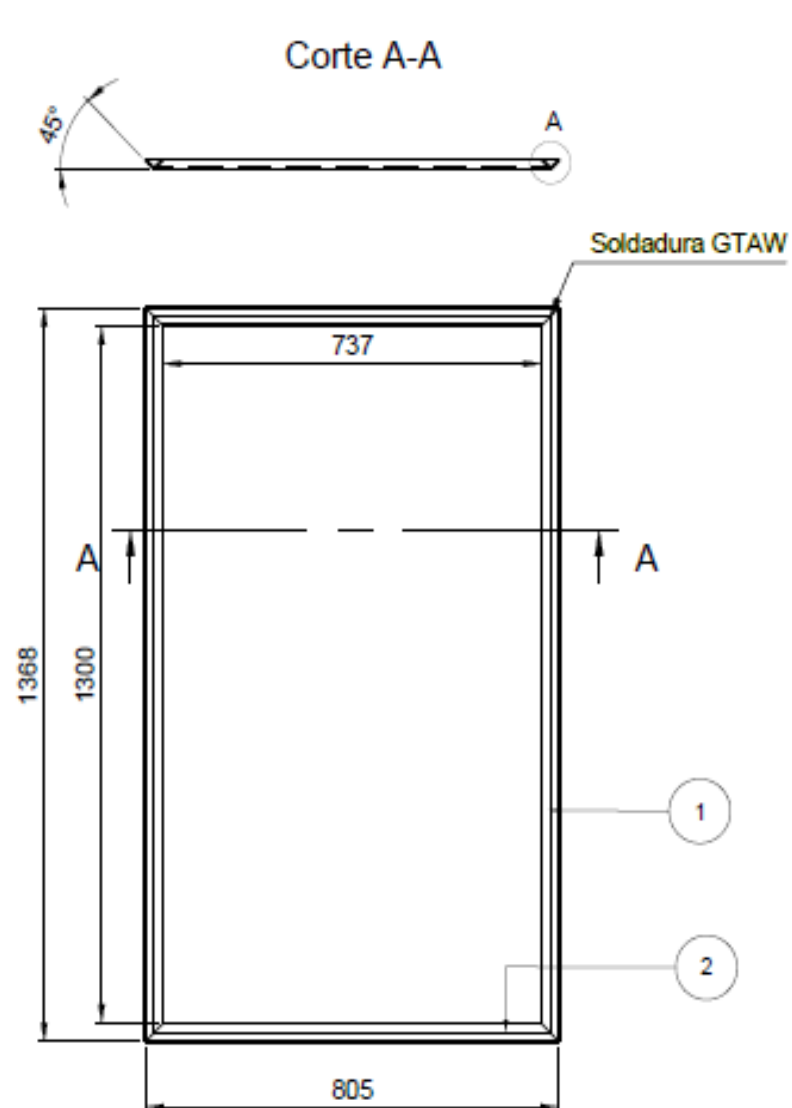
- A los seis meses de operación del destilador, deberán realizarse limpiezas a todos los elementos externos del sistema como son: Reservorio de precipitación de

impurezas del agua a destilar y que viene de vertientes, riachuelos y otros aportantes como las lluvias. Los reservorios por lo general, se llenan de hojas, ramas, lodos y basura que taponan los filtros de salida de agua y que va a la manguera de conducción del fluido que lleva al destilador.

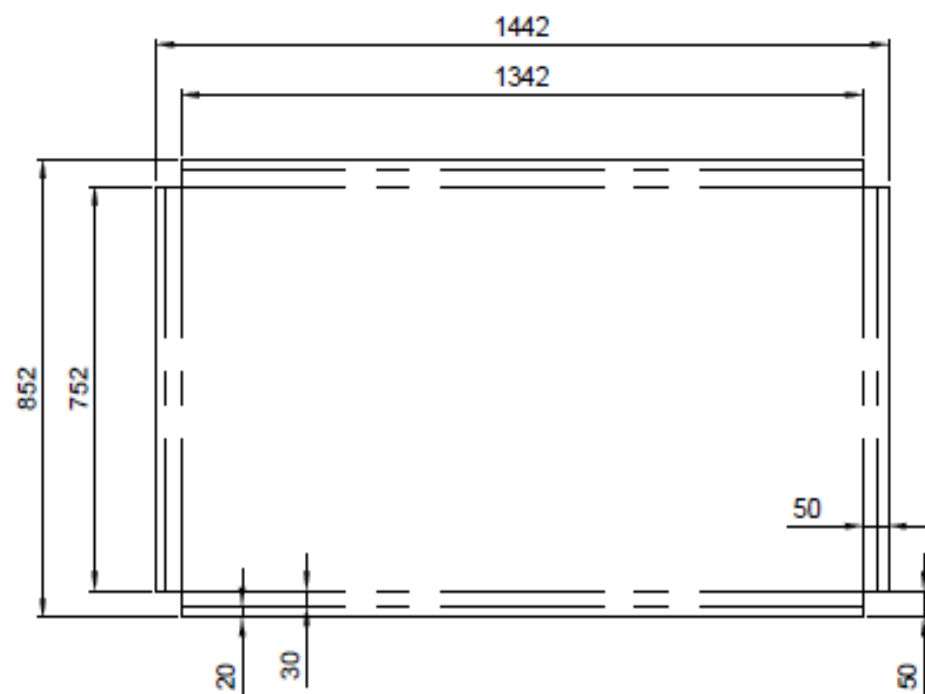
- El circuito de conducción del agua que preferentemente deberá ser de manguera flexible con sus accesorios como válvulas, filtros y boyas, serán removidos para hacerles limpieza y verificación de condiciones de operación.
- Por efectos de cedencia del terreno donde funciona el destilador, se deberán comprobar el alineamiento de la estructura del destilador, lo cual puede incidir en la producción del agua destilada por desniveles en la superficie del agua y la bandeja.
- Al volver a cerrar la cámara de evaporación, deberá comprobarse que todas las instalaciones intervenidas, queden completamente herméticas y que el flujo del agua sea normal, debiendo desairar el circuito a través de la válvula de alimentación.
- A los doce meses de haber producido agua destilada, es posible que se hayan producido depósitos calcáreos en las paredes internas del evaporador, por lo que se hará necesario comprobar con la ayuda de una espátula. De ser necesario, se deberá desmontar los vidrios del techo para realizar la limpieza necesaria a todo el sistema húmedo, desinfectar, cambiar de frisos, sellar los vidrios convenientemente con los marcos de la estructura superior.
- Por la presencia de oxidaciones en los sistemas de seguridad, goznes, seguros y otros elementos constitutivos de la cámara de evaporación, se deberán realizar mantenimiento y cambio de pintura protectora a todos estos elementos en las partes externas de la cámara, en ningún caso se deberá permitir la presencia de pintura en el interior de la cámara, ya que puede contaminar el producto.
- El depósito de captación de agua destilada, deberá ser inspeccionado en busca de impurezas y deberá ser lavado y desinfectado para continuar con el proceso. Sus líneas de conducción de agua y válvulas también deberán ser lavadas y en el mejor de los casos cambiadas para evitar contaminaciones.

- La estructura donde se asienta el destilador, deberá ser sometido a mantenimiento general con desprendimiento de la pintura vieja y el repintado con pintura anticorrosiva y pintura de acabado para mejorar su estética.
- Al poner nuevamente el destilador en operación normal, no debe olvidarse que la producción inicial puede haber arrastrado impurezas del último mantenimiento, por lo que esa producción debe ser desechada. Una vez asegurada la limpieza del sistema, el destilador podrá entrar nuevamente en servicio.

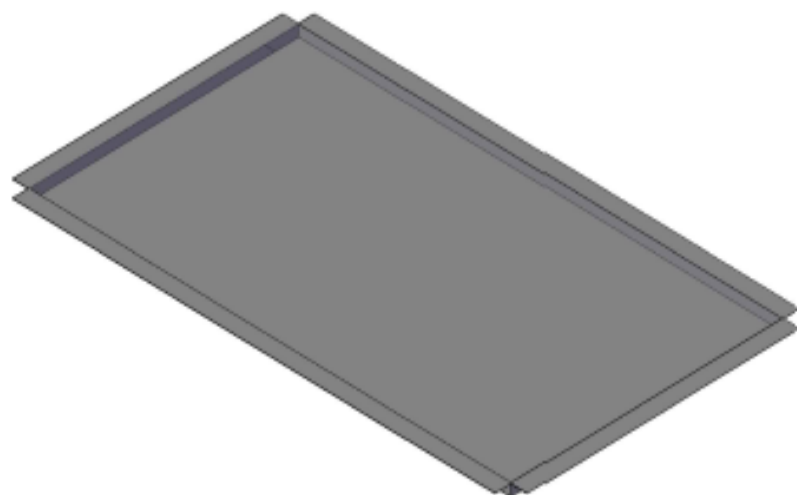
PLANOS



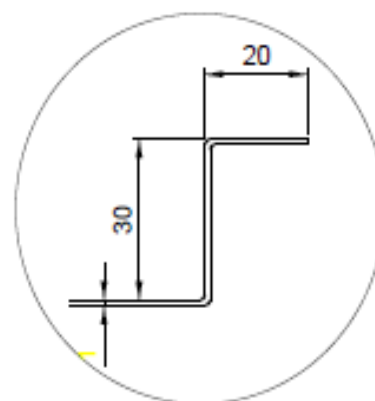
2	Canaleta base	2	25.4 x 3 x 805	10.110590.01.02.02	Angulo Inox AISI 304	
1	Canaleta lateral	2	25.4 x 3 x 1300	10.110590.01.02.01	Angulo Inox AISI 304	
REF.	DENOMINACIÓN	CANT.	DIMENS. BRUTAS	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			U.P.S	Diseñado:	Flores Carolina	2015-01-19
				Dibujado:	Flores Carolina	2015-01-10
				Revisado:	Ing. Andrango Luis	
<i>Canaleta Recolectora</i>			Escala: 1:10	Código: 10.110590.01.02	Tol. Gen. ± 2 mm	



Vista Isometrica Esc 1:10

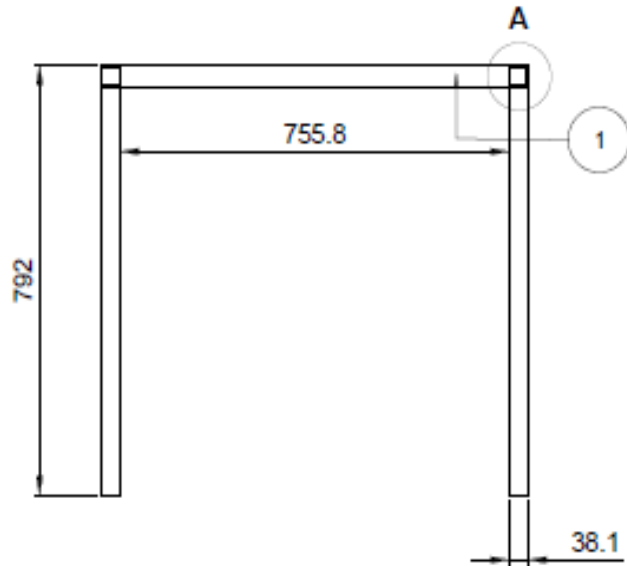


Detalle del doblado Esc 1:1



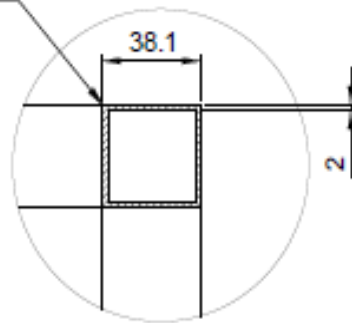
TRATAMIENTO TERMICO	NINGUNO	MATERIAL	INOX AISI 304	DIM. BRUTAS	2440x1220x1
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		U.P.S	Diseñado:	Flores Carolina	2015-01-19
			Dibujado:	Flores Carolina	2015-01-10
			Revisado:	Ing. Andrango Luis	
Bandeja de Recoleccion		Escala: 1:10	Código:	10.110590.01.03	Tol. Gen. ± 2 mm

Corte A-A

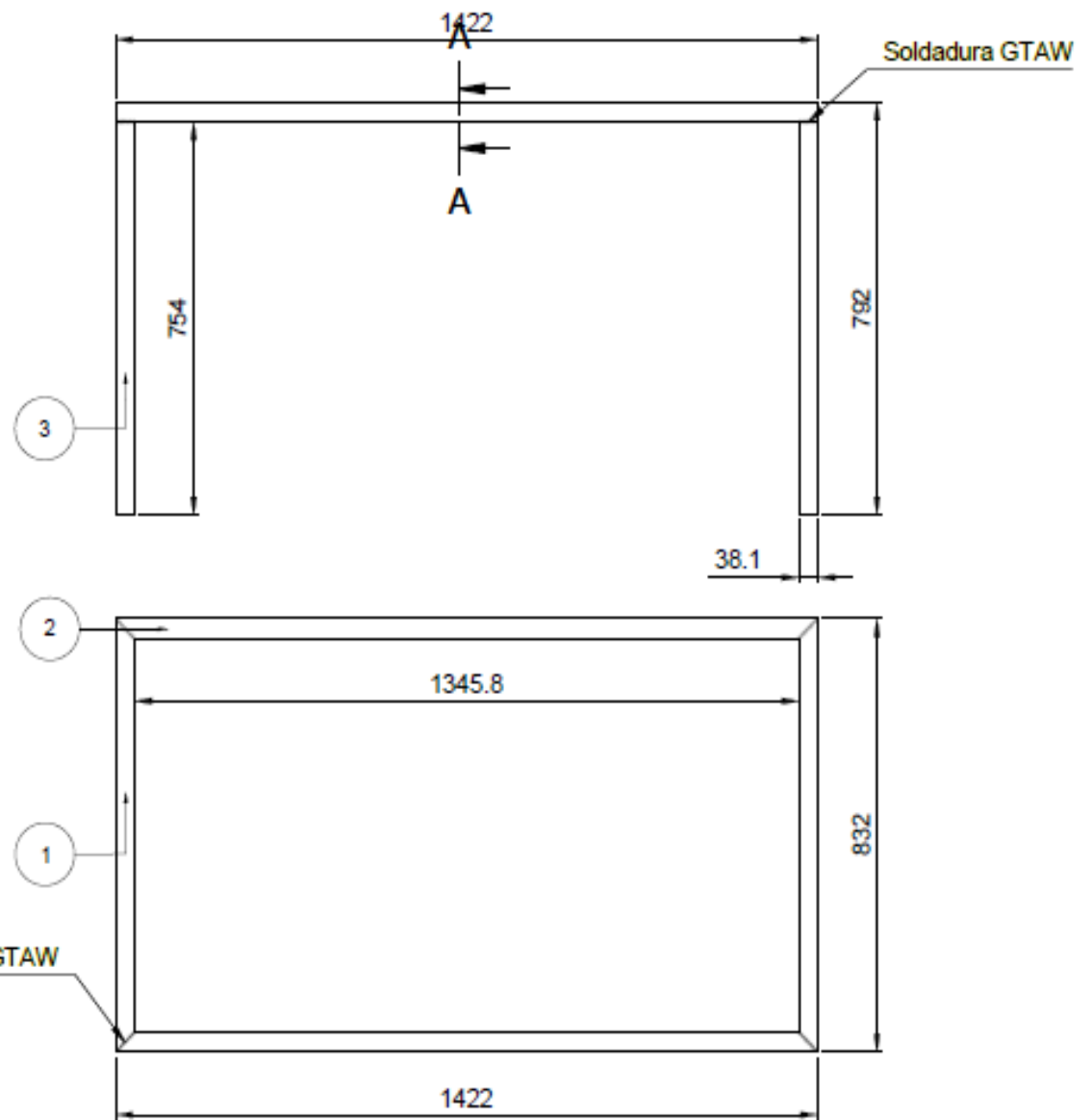


Soldadura GTAW

DETALLE A

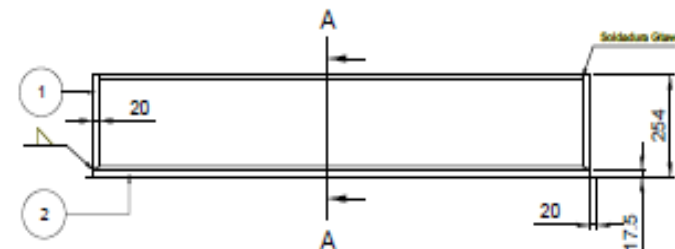
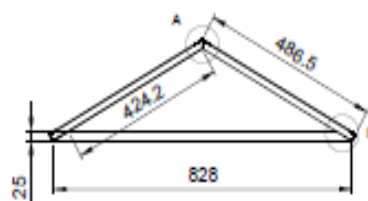


Soldadura GTAW



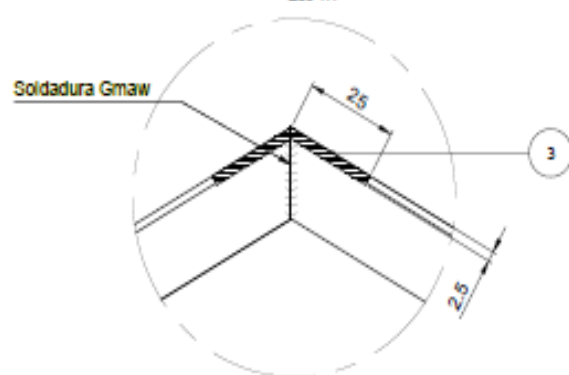
3	Soporte vertical de estructura	4	38.1 x 2 x 754	10.110590.01.06.03	Perfil □ SAE 1010	
2	Soporte longitudinal superior	2	38.1 x 2 x 1422	10.110590.01.06.02	Perfil □ SAE 1010	
1	Soporte lateral superior	2	38.1 x 2 x 832	10.110590.01.06.01	Perfil □ SAE 1010	
REF.	DENOMINACIÓN	CANT.	DIMENS. BRUTAS	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			U.P.S	Diseñador: Flores Carolina		2015-01-19
				Dibujado: Flores Carolina		2015-01-19
				Revisado: Ing. Andrango Luis		
Estructura soporte			Escala: 1:10	Código: 10.110590.01.06		Tol. Gen. ± 2 mm

Corte A-A



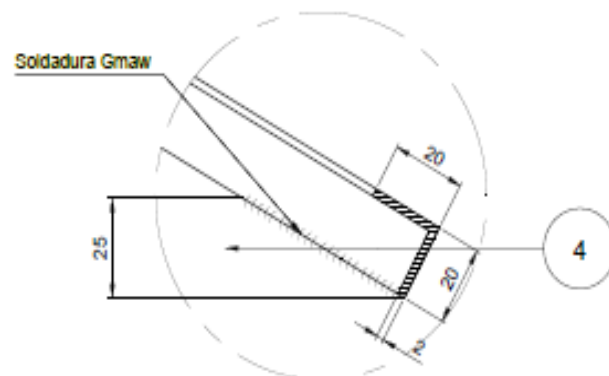
DETALLE A

Esc 1:1

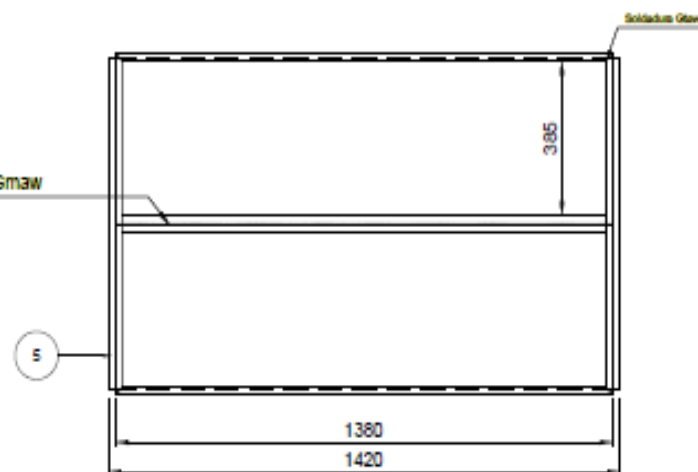


DETALLE B

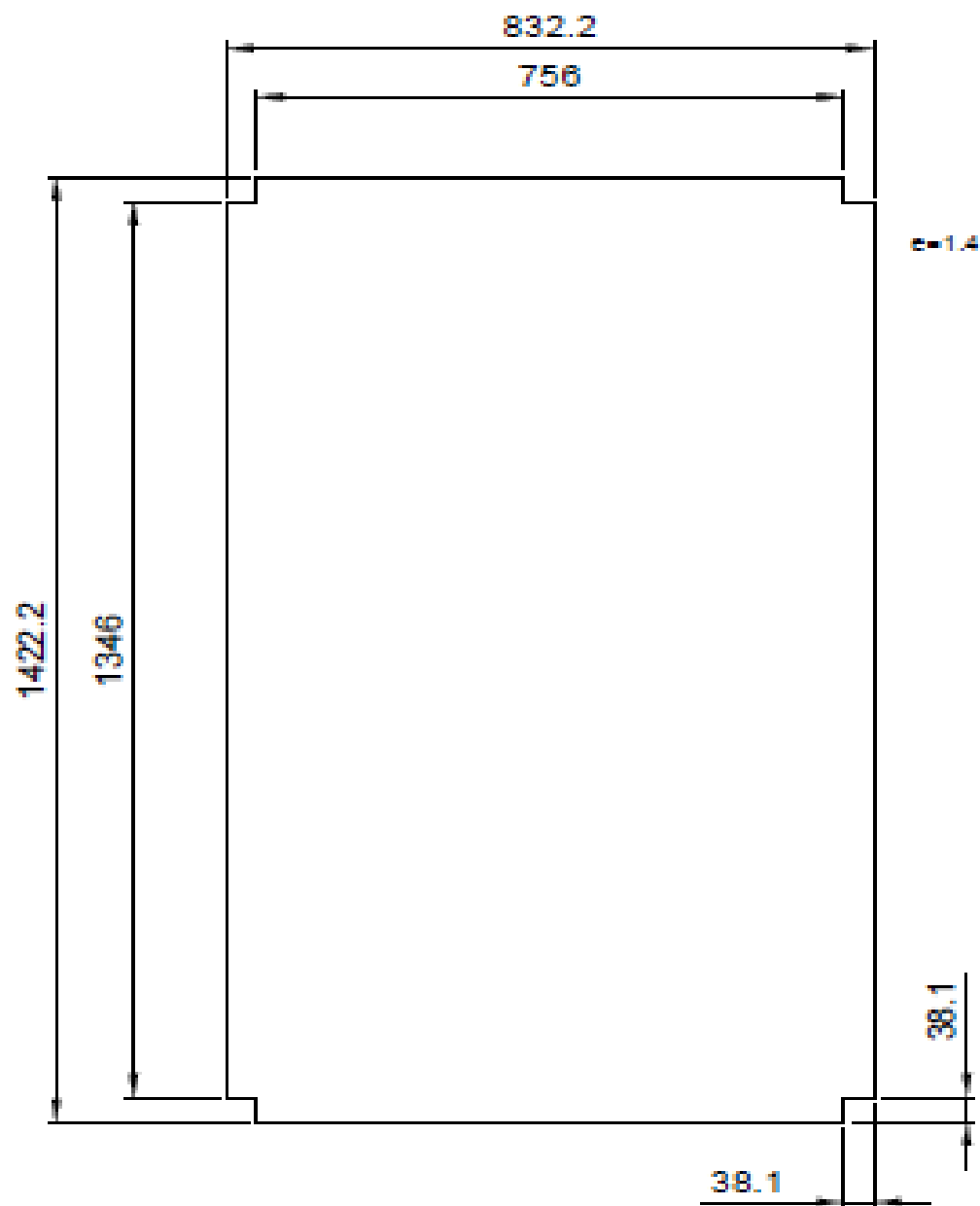
Esc 1:1



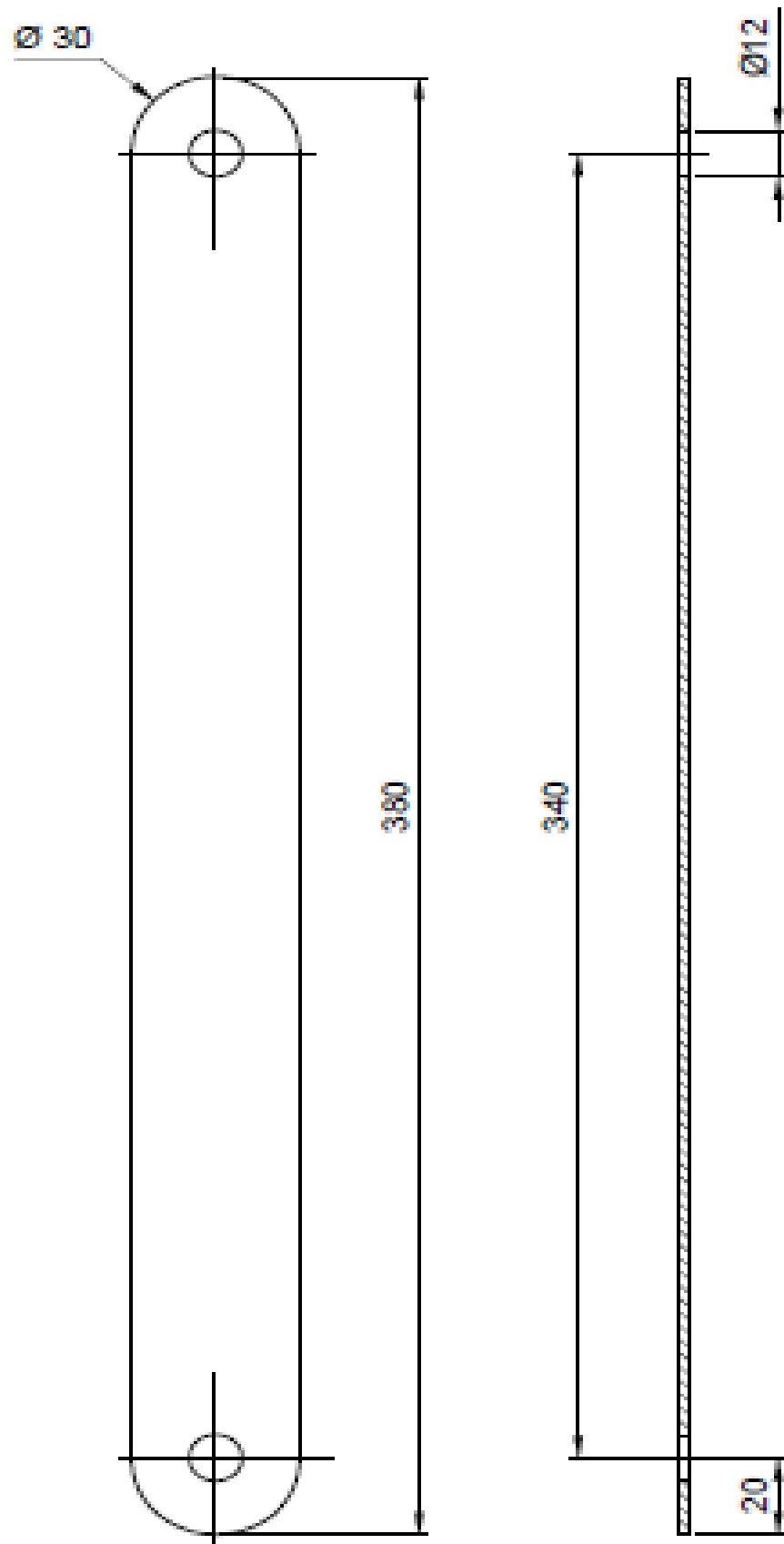
Soldadura Gmaw



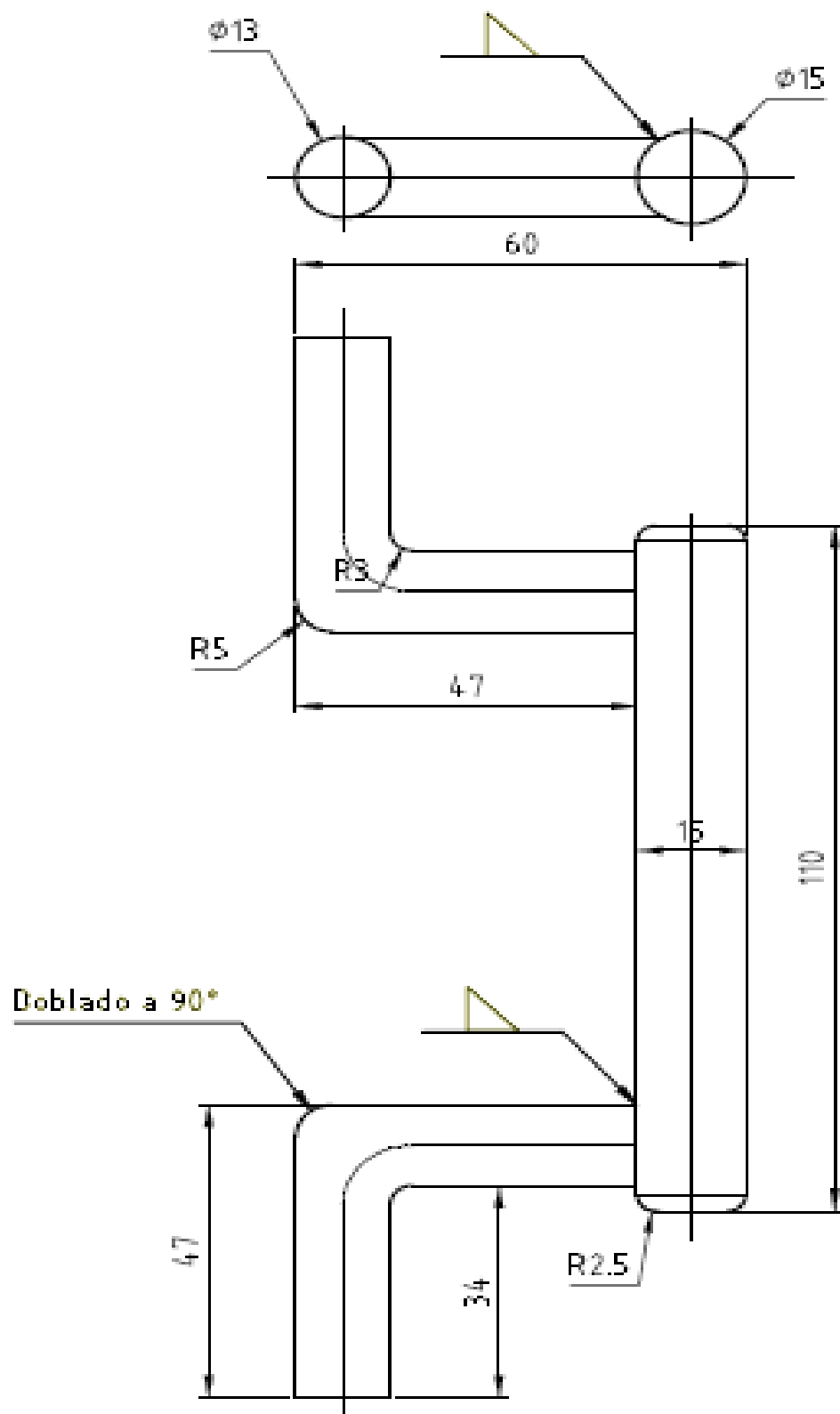
4	Angulo lateral para apoyo	2	25 x 2 x 828	10.110590.01.08.04	Angulo A42-27ES	
4	Platina de soporte lateral	2	25 x 2.5 x 828	10.110590.01.08.04	Platina	
3	Platina de soporte superior	2	25 x 2.5 x 1340	10.110590.01.08.03	Platina	
2	Angulo inferior de base	2	20 x 2 x 1380	10.110590.01.08.02	Angulo A42-27ES	
1	Angulo lateral de estructura	2	20 x 2 x 487	10.110590.01.08.01	Angulo A42-27ES	
REP.	DENOMINACIÓN	CANT.	DMENS. BRUTAS	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			U.P.S.		Diseñado: Flores Carolina	2015-01-19
					Dibujado: Flores Carolina	2015-01-10
					Revisado: Ing. Andrego Luis	
Estructura soporte vidrio			Escala: 1:10	Código: 10.110590.01.08	Tol. Gen. ± 2 mm	



TRATAMIENTO TERMICO	NINGUNO	MATERIAL Tol Galvanizado	DIM. BRUTAS 2440 x 1220 x 1.4	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Diseñado:	Flores Carolina	2015-01-19
		Dibujado:	Flores Carolina	2015-01-10
		Revisado:	Ing. Andrango Luis	
Tol de Soporte	Escala: 1:10	Código:	10.110590.01.05	Tol. Gen. ± 2 mm



TRATAMIENTO TERMICO	NINGUNO	MATERIAL Platina SAE 1010	DIM. BRUTAS 30 X 3 X380		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Diseñado:	Flores Carolina	2015-01-19
			Dibujado:	Flores Carolina	2015-01-10
			Revisado:	Ing. Andrango Luis	
Soporte cubierta base		Escala: 1:15	Código: 10.110590.01.09		Tol. Gen. ± 2 mm



2	Eje de seguro lateral	2	Ø 13 x 100	10.110590.01.17.02	Acero Sae 1018	
1	Eje de seguro inferior	1	Ø 15 x 110	10.110590.01.17.01	Acero Sae 1018	
REF.	DENOMINACIÓN	CANT.	DIMENS. BRUTAS	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			U.P.S	Diseñado:	Flores Carolina	2015-01-19
				Dibujado:	Flores Carolina	2015-01-10
				Revisado:	Ing. Andrango Luis	
Seguros de cierre			Escala: 1:10	Código: 10.110590.01.17	Tol. Gen. ± 2 nm	